



Mestrado em Engenharia Mecânica

---

# **Sistema Automatizado de Avaliação da Colagem em Rolhas Capsuladas**

Trabalho de Projeto

Apresentado para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica  
Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

**Autor**

**André Formoso Oliveira**

**Orientadores**

**Prof. Doutor Luis Manuel Ferreira Roseiro**

**Prof. Doutor Pedro Jorge Borges Fontes Negrão Beirão**

Professores do Departamento de Engenharia Mecânica  
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Coimbra, Setembro, 2017**



*Dedico este trabalho à minha família, amigos e namorada...*



## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor e Orientador Luis Manuel Ferreira Roseiro por todo o acompanhamento e toda a disponibilidade demonstrada ao longo deste projeto.

Ao Professor Doutor e Orientador Pedro Beirão pela sua disponibilidade.

Ao Professor Doutor Luís Castro pela sua disponibilidade.

Ao Professor Doutor Frederico Santos por toda a sua disponibilidade e acompanhamento na parte eletrónica do projeto.

Aos técnicos superiores Engenheiro Fernando Expedito e Engenheiro Paulo Amaro pela sua ajuda demonstrada nas Oficinas Gerais de Mecânica para a elaboração de certas componentes e também ao Professor Doutor Fernando Simões pela cedência do espaço das oficinas e máquinas.

Aos meus amigos do Laboratório de Mecânica Aplicada pelo bom ambiente proporcionado ao longo do ano e à Engenheira Linda Pinto pelo apoio dado ao longo do ano.

Aos restantes amigos que sempre demonstram o seu apoio e ajuda quando mais se precisa, em particular ao Hélder Marques e ao Rui Catarrinho.

À minha namorada pela sua paciência e compreensão.

Aos meus pais e irmãos, por tudo aquilo que fizeram, para eu poder ser aquilo que sou hoje.



## Resumo

As rolhas capsuladas são um tipo de rolha muito aplicada em garrafas de bebidas nobres, como por exemplo vinho do Porto, whisky, entre outros. Estas rolhas resultam de um processo industrial, onde é efetuada a colagem de uma cápsula a uma rolha de cortiça. O procedimento habitual de verificação de colagem das rolhas capsuladas é realizado manualmente através de um operador com um nível de experiência avançado, em que este efetua um teste a uma amostra de rolhas retiradas do lote em análise, verificando visualmente se existe quebra da rolha testada.

Além de ser um procedimento monótono e rotineiro, que depende da sensibilidade do operador, e por isso com alguma subjetividade, este método não consegue abranger todas as rolhas existentes no lote, pois a escolha das mesmas é feita aleatoriamente, não sendo totalmente eficaz.

Este trabalho de projeto visa disponibilizar um novo equipamento de controlo de qualidade na área da indústria corticeira, onde se procederá a uma análise, avaliação e seleção da colagem de rolhas capsuladas, sendo enquadrável numa solução automatizada.

Com o presente protótipo pretende-se que todas as rolhas sejam testadas e devidamente selecionadas garantindo assim um controlo total para o cliente final. A solução proposta, descrição dos componentes e o seu princípio de funcionamento são expostos e discutidos neste relatório de projeto.

**Palavras-chave:** Cortiça, Rolhas Capsuladas, Protótipo Funcional, Testes de Colagem, Controlo de Qualidade de Rolhas Capsuladas.





## **Abstract**

Capped Stopper is a type of cork stopper usually applied on Prestige Drink Bottles such as Porto Wine, Whisky and many others. These cork stoppers are the result of an industrial process which consists of gluing a capsule to a cork stopper. The actual verification process that checks the quality of this industrial glue process on capped stoppers is carried out through an operator with an advanced level of experience, who performs a destructive test on a sample chosen randomly, verifying, visually, if there is a breach on the tested Cork Stopper.

Besides it being a monotonous and repetitive procedure, which depends on the operator's sensibility being a bit subjective, this method does not manage to evaluate all of the produced cork stoppers due to the fact that the cork stoppers are chosen randomly.

This project intends to provide a brand new equipment, which will analyse and evaluate the quality of the cork stoppers, resulting in a benefit for the cork industry.

With this prototype it is intended to analyse every single cork stopper and carefully select them, guaranteeing a complete control/evaluation to the final consumer. The proposed solution, description of the components and the function of the device are presented and discussed in this project report.

**Key words:** Cork, Capped Stoppers, Project, Prototype, Glue Tests, Capped Stoppers Selection



# Índice

<b>RESUMO.....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>3</b>
2.1. Cortiça.....	3
2.1.1. Composição Química .....	4
2.1.2. Propriedades da cortiça .....	4
2.2. A árvore da cortiça e a rede geográfica.....	6
2.3. Descortiçamento.....	8
2.4. Aplicações .....	12
2.5. Rolhas de cortiça.....	13
2.5.1. Rolhas Naturais .....	14
2.5.2. Rolhas Multipeça.....	14
2.5.3. Rolhas colmatadas .....	15
2.5.4. Rolhas de champanhe .....	15
2.5.5. Rolhas Técnicas.....	16
2.5.6. Rolhas micro granuladas .....	16
2.5.7. Rolhas aglomeradas.....	17
2.5.8. Rolhas capsuladas.....	18
<b>3. DESENVOLVIMENTO GERAL DO PROJETO .....</b>	<b>19</b>
3.1. Enquadramento do projeto .....	19
3.2. Pesquisa de Patentes.....	20
3.3. Recolha e tratamento de dados.....	20
3.3.1. Dados da geometria das rolhas capsuladas.....	20
3.3.2. Valores obtidos nos ensaios.....	21
3.4. Protótipos iniciais.....	23
3.4.1. Primeiro protótipo .....	24
3.4.2. Segundo protótipo .....	24
3.4.3. Quadro de decisão .....	26
3.4.4. Revisão do segundo protótipo .....	27
3.5. Protótipo reestruturado.....	28
3.5.1. Estrutura de Suporte .....	29
3.5.2. Mesa de Suporte .....	30
3.5.3. Estrutura suporte dos atuadores lineares elétricos .....	34
3.5.4. Sistema de funcionamento dos atuadores lineares elétricos .....	35
3.5.5. Sistema de seleção de rolhas conformes e não conformes .....	37
3.5.6. Estrutura final .....	38

---

3.5.7.	Alimentadores vibratórios .....	39
3.6.	Modo operacional do protótipo .....	41
3.6.1.	Fluxograma.....	41
3.6.2.	Descrição do modo de operação .....	43
3.7.	Componentes eletrônicos.....	44
3.7.1.	Características e ligações dos componentes .....	45
3.7.2.	Esquema da ligação eletrônica.....	50
<b>4.</b>	<b>MONTAGEM DO PROTÓTIPO .....</b>	<b>51</b>
4.1.	Material utilizado .....	51
4.1.1.	Material utilizado na estrutura principal .....	51
4.2.	Montagem da estrutura .....	54
4.2.1.	Estrutura inicial.....	54
4.2.2.	Estrutura dos atuadores lineares elétricos .....	55
4.2.3.	Mesa de suporte e respetivos componentes .....	56
4.2.4.	Atuadores lineares elétricos .....	57
4.2.5.	Sistema de Seleção .....	59
4.3.	Ligações eletrônicas .....	60
4.3.1.	Ligação do servomotor de controlo e motores DC 1 e 2 ao Arduino .....	61
4.3.2.	Ligação dos atuadores lineares elétricos e células de carga ao Arduino.....	61
4.3.3.	Ligação dos servomotores do sistema de seleção à placa Arduino .....	62
<b>5.</b>	<b>DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>63</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO/DISCUSSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>67</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>
8.1.	Orçamentos do material encomendado a empresas: .....	71
8.1.1.	Peças encomendadas na Maquinação .....	71
8.1.2.	Material encomendado na Fluidotronica .....	72
8.1.3.	Material encomendado na IGUS.....	74
8.1.4.	Material encomendado na Mixtrónica .....	75
8.1.5.	Preçário do material total adquirido.....	77
8.2.	Características dos dispositivos eletrônicos.....	78
8.2.1.	Motores DC RE 540LN .....	78
8.2.2.	Placa Pololu DRV8835.....	79
8.2.3.	Sensores óticos TCRT1000 .....	80
8.2.4.	Atuadores Lineares elétricos DLA-50-24-30.....	81
8.2.5.	Servomotores HS 485 HB .....	82
8.2.6.	Servomotores HS 805 BB.....	83
8.2.7.	Células de carga SPO30.....	84
8.2.8.	Arduino DUE.....	85
8.2.9.	Placa Cytron MD10 .....	86

---

## Índice de Figuras

Figura 1-Disposição das células da cortiça (Gil, 1993).....	4
Figura 2-Estrutura da parede celular da cortiça (Gil, 1993) .....	4
Figura 3 (APCOR, 2015).....	5
Figura 4 (APCOR, 2015).....	5
Figura 5 (APCOR, 2015).....	5
Figura 6 (APCOR, 2015).....	5
Figura 7 (APCOR, 2015).....	6
Figura 8 (APCOR, 2015).....	6
Figura 9 (APCOR, 2015).....	6
Figura 10-Sobreiro (APCOR, 2015).....	7
Figura 11-Rede de distribuição de Sobro (Amorim, 2015) .....	8
Figura 12-Corte na casca do sobreiro (APCOR, 2015) .....	9
Figura 13-Separação da prancha do tronco (APCOR, 2015).....	10
Figura 14-Corte para delimitar o tamanho da prancha (APCOR, 2015) .....	10
Figura 15-Extração da prancha (APCOR, 2015).....	10
Figura 16-Retirada de pequenos nódulos no tronco (APCOR, 2015).....	11
Figura 17-Marcação da árvore (APCOR, 2015).....	11
Figura 18-Aplicações da cortiça na construção e decoração (APCOR, 2015) .....	12
Figura 19-Aplicações da cortiça na alta-costura (APCOR, 2015).....	12
Figura 20-Aplicações da cortiça no desporto (APCOR, 2015).....	13
Figura 21-Aplicações da cortiça nos meios de transporte (APCOR, 2015).....	13
Figura 22-Brocagem das rolhas naturais (APCOR, 2015) .....	14
Figura 23-Rolha Multipeça (APCOR, 2015).....	15
Figura 24-Rolha colmatada (APCOR, 2015).....	15
Figura 25-Rolha de champanhe (Cola, 2014).....	16
Figura 26-Rolha técnica (APCOR, 2015).....	16
Figura 27-Rolha micro granulada (APCOR, 2015) .....	17
Figura 28-Rolhas aglomeradas (APCOR, 2015) .....	17
Figura 29-Rolha capsulada (APCOR, 2015) .....	18
Figura 30-Testes de rutura nas rolhas capsuladas.....	22
Figura 31-Secções dos vários componentes do primeiro protótipo .....	24
Figura 32-Protótipo desenvolvido pelos alunos Ricardo Quinteiro e Bruno Portugal (Quinteiro & Portugal, 2016) .....	25
Figura 33-Cálculo do binário exercido .....	27
Figura 34-Caixa do seletor de rolhas (Quinteiro & Portugal, 2016).....	28
Figura 35-Protótipo antes da reestruturação (Quinteiro & Portugal, 2016).....	29
Figura 36-Estrutura de suporte .....	29
Figura 37-Mesa de suporte e respetivos componentes necessários para as regulações .....	30
Figura 38-Servomotor de controlo da cancela.....	31
Figura 39-Controlo das rolhas capsuladas através dos motores DC .....	31
Figura 40-Servo motor responsável pelo aperto das cápsulas .....	32
Figura 41-Esquema de aperto na cápsula .....	33
Figura 42-Regulação em altura.....	33
Figura 43-Guias reguláveis.....	34

---

Figura 44-Estrutura suporte dos atuadores .....	34
Figura 45-Cassete de aperto do atuador .....	36
Figura 46-Cubo de acoplamento .....	36
Figura 47-Ponteira de medição .....	37
Figura 48-Sistema de seleção de rolhas .....	38
Figura 49-Representação da configuração final do protótipo .....	39
Figura 50-Alimentador vibratório (TAD VIBRATORY TECHNOLOGY, 2016).....	40
Figura 51-Alimentação das rolhas capsuladas no protótipo .....	40
Figura 52-Fluxograma .....	42
Figura 53-Ordem cronológica dos componentes .....	43
Figura 54-Arduino Due.....	45
Figura 55-Cytron 10A Motor Driver Shield e Atuador DLA .....	46
Figura 56-Placa Pololu DRV8835 ligada sobre uma placa Arduino e um motor DC RE540 .....	47
Figura 57-Placa para as células de carga SPO30 .....	48
Figura 58-Servomotor HS-485HB e HS-805BB .....	48
Figura 59-Sensor ótico TCRT 1000 e esquema de funcionamento .....	49
Figura 60-Botão de emergência .....	49
Figura 61-Esquema eletrônico provisório.....	50
Figura 62-Estrutura principal.....	55
Figura 63-Estrutura dos atuadores montada sobre a estrutura principal .....	56
Figura 64-Montagem dos componentes na mesa de suporte .....	56
Figura 65-Mesa de suporte fixa à estrutura.....	57
Figura 66-Ponteira de medição .....	58
Figura 67-Cubo de acoplamento .....	58
Figura 68-Atuador linear elétrico com a respetiva célula de carga acoplada.....	58
Figura 69-Componentes do sistema de seleção de rolhas capsuladas .....	60
Figura 70-Ligação eletrónica do servo motor de controlo e motores DC 1 e 2 .....	61
Figura 71-Ligação eletrónica dos atuadores lineares e respetiva célula de carga .....	62
Figura 72-Modo operacional do sistema de seleção de rolhas capsuladas.....	62

---

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estilos de rolhas capsuladas mais usuais .....	21
Tabela 2 - Lotes de vários estilos .....	21
Tabela 3 - Dados relativos aos ensaios aos vários tipos de rolhas capsuladas.....	22
Tabela 4 - Média e Desvio Padrão da carga suportada por cada tipo de rolha capsulada.....	23
Tabela 5 - Quadro de decisão .....	26
Tabela 6 - Guias e patins .....	52
Tabela 7 - Material usado na estrutura principal .....	52
Tabela 8 - Componentes para motores DC e Parafusos cabeça baquelite .....	53
Tabela 9 - Material maquinado para a estrutura .....	53
Tabela 10 - Peças protótipadas .....	54
Tabela 11 - Componentes eletrônicos para a estrutura principal.....	54
Tabela 12 - Materiais protótipados para o sistema de seleção de rolhas capsuladas .....	59
Tabela 13 - Material eletrônico utilizado no sistema de seleção de rolhas capsuladas.....	59





## Lista de Abreviaturas

3D – Três Dimensões

A – Ampere

b – Braço

APCOR – Associação Portuguesa da Cortiça

C<sup>++</sup> – Linguagem Programática de Informática

CAD – Desenho Assistido por Computador

CIPR – Código Internacional de Práticas Rolheiras

DC/CC – Corrente Contínua

EPO – *European Patent Office*

F – Força

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

IV – Infravermelho

LED – *Light Emitting Diode* (Díodo Emissor de Luz)

M<sub>Bin</sub> – Binário

N – Newton

PVC – Policloreto de Vinilo

RPM – Rotações Por Minuto

V – Volt

W – Watt

WIPO – *World Intellectual Property Organization*

## 1. Introdução

A cortiça é habitualmente associada pelo público às rolhas de cortiça que se encontram essencialmente em garrafas de vinho, e essa associação deve-se ao facto de os nossos antepassados a usarem como vedantes. Esta deriva da árvore do sobreiro (*Quercus Suber L.*) que é predominante na área mediterrânea, sendo Portugal um dos principais produtores de cortiça a nível mundial, é responsável por mais de 50% (cinquenta por cento) da produção total.

A cortiça é um tipo de matéria-prima que contém inúmeras propriedades químicas e físicas, o que a torna muito “especial”, pois para além da produção de rolhas é também utilizada atualmente na alta-costura, isolações de edifícios e até em componentes espaciais. Sendo Portugal responsável pela maior produção a nível mundial, acarreta também a responsabilidade de ter que ser vanguardistas neste ramo, daí que a indústria corticeira invista bastante em novas aplicações e estudos para a utilização da mesma, tal como investe em novos equipamentos industriais para a sua manufatura.

No caso específico das rolhas de cortiça, as rolhas capsuladas são uma variante muito usual, com aplicação em garrafas de vinho do porto, de whisky, conhaque, entre outros. A sua montagem passa por um processo de colagem entre a rolha de cortiça e a cápsula. Ora, tal como em todos os processos de fabrico, também na produção de rolhas capsuladas podem surgir vários defeitos, podendo estas apresentar uma colagem irregular. Esta deteção de defeitos é habitualmente feita através de um processo manual, efetuado por um operador experiente que retira uma amostra de um lote de rolhas coladas e em seguida realiza um ensaio destrutivo da rolha até perceber onde é que a cortiça entra em cedência. Caso se verifique que uma grande percentagem da amostra sofre quebras na colagem, a linha de produção é parada até se averiguarem as situações de falha.

Este trabalho de projeto tem no seu enquadramento no desenvolvimento de uma solução para a indústria corticeira, nomeadamente o controlo da colagem em rolhas capsuladas. A solução que se propõe envolveu o estudo, projeto e construção do protótipo de um equipamento, solicitado pela empresa J.A. Beira, Lda. Esta empresa pretende um equipamento de controlo de qualidade de rolhas capsuladas, capaz de fazer ensaios de medição de força em rolhas capsuladas e

posteriormente separá-las em rolhas conformes e não conformes. Os requisitos definidos para o equipamento a desenvolver são vários. O tempo de ensaio por rolha deverá ser inferior a dois segundos, devendo o equipamento possuir a capacidade de avaliar as colagens perante os valores retirados do ensaio e fazer a respetiva seleção, registar todo o histórico de medições e, por último, o valor da sua construção não deverá ser muito elevado. Para todo este processo, será necessário avaliar uma série de dados relativos às rolhas capsuladas, pois nem todos os lotes contêm as mesmas dimensões, o que altera a sua resistência e rigidez mecânica, assim como outros aspetos determinantes para o equipamento. Com isto, o protótipo a desenvolver tem como intuito colmatar as falhas do processo manual, otimizando o tempo despendido nos ensaios e acima de tudo deve garantir que um lote de rolhas capsuladas seja ensaiado na sua totalidade, assegurando desse modo um controlo mais eficaz da qualidade de produção.

Este relatório de projeto descreve o desenvolvimento de uma solução para o controlo de qualidade de rolhas capsuladas, que permite a análise, avaliação e seleção da rolha, com particular destaque para a qualidade da colagem. A solução que se apresenta, que envolveu a conceção e execução de um protótipo, é enquadrável numa solução automatizada. Esta solução permite que todas as rolhas sejam testadas e devidamente selecionadas garantindo assim um controlo total para o cliente final. A descrição da solução proposta, constituintes e princípio de funcionamento são expostos e discutidos.

## 2. Fundamentos Teóricos

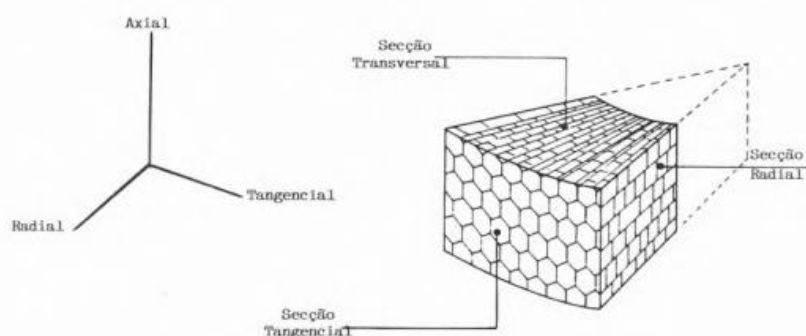
Ao longo dos anos a indústria corticeira em Portugal tem-se afirmado cada vez mais, tendo alcançado a liderança mundial na manufatura desta matéria-prima. É um setor onde a investigação assume um papel de relevo, pois é através dela que este tipo de indústria consegue estar na vanguarda, permitindo assim que os clientes beneficiem de todo o trabalho desenvolvido na transformação da cortiça.

### 2.1. Cortiça

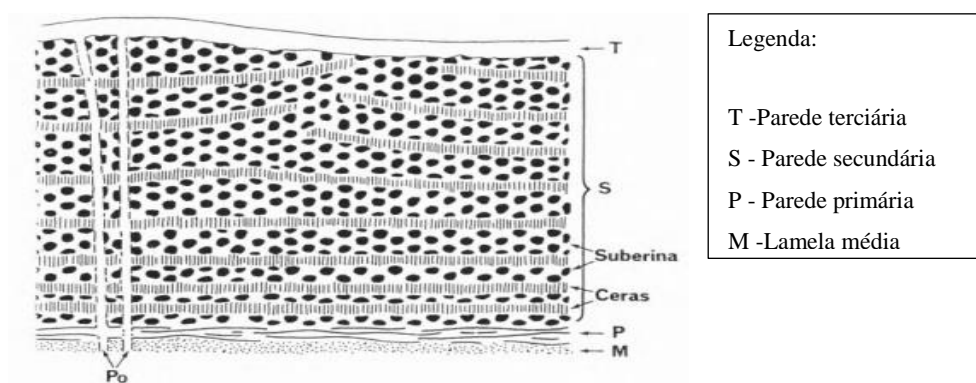
A cortiça é uma matéria-prima conhecida desde a Antiguidade com várias aplicações, nomeadamente como artefactos flutuantes e vedantes. Macroscopicamente é um material leve, elástico, praticamente impermeável e imputrescível devido à fraca presença de elementos albuminoides. Trata-se de um tecido vegetal composto por células mortas em camadas consecutivas, aproximadamente entre 40 a 100 milhões por  $\text{cm}^3$ , dispostas segundo várias direções, o que lhe confere uma boa impermeabilização (Gil, 1993).

As células da cortiça têm o formato de um prisma hexagonal ou tipicamente semelhantes a “favos de mel”, onde no seu interior se pode observar um gás semelhante ao ar e são revestidas maioritariamente por suberina e lenhina (Gil, 1993).

As Figuras 1 e 2 apresentam uma visualização destas células, que possuem uma dimensão média de 20 a 25  $\mu\text{m}$  e uma espessura de parede celular com cerca de 1,5  $\mu\text{m}$ . Estas paredes são constituídas por três camadas, uma lamela média e uma parede primária fina de lenhina, em seguida uma parede secundária constituída por camadas intercaladas de suberina e ceras e uma terceira parede de lenhina e celulose. As paredes primárias e terciárias são responsáveis pela estrutura de suporte celular (Gil, 1993).



**Figura 1-Disposição das células da cortiça (Gil, 1993)**



**Figura 2-Estrutura da parede celular da cortiça (Gil, 1993)**

### 2.1.1. Composição Química

A cortiça aglomera vários constituintes, classificados em cinco grupos: a Suberina que é o maior constituinte (45%), Lenhina (27%), Polissacarídeos (12%), Ceroides (6%) e Taninos (6%). Estes valores podem ser alterados consoante o clima, tipo de solo, condições vegetativas, idade das árvores, tipo de exploração florestal e ainda a relativos tipos de cortiça (Gil, 1993).

### 2.1.2. Propriedades da cortiça

Esta matéria-prima é 100 % reciclável e reutilizável, depois de usada pode ser triturada e o granulado consequente pode ser aplicado em outros produtos. Devido a esta grande versatilidade da cortiça, pode ser considerada como uma matéria única e inigualável (APCOR, 2015).

**i. Leveza:**

**Figura 3**  
(APCOR, 2015)

Devido à sua constituição, mais de 50 % do seu volume é ar, sendo assim muito leve, pesando cerca de  $0.16 \text{ g/cm}^3$  (grama por centímetro cúbico) (APCOR, 2015), (Figura 3).

**ii. Impermeabilidade a líquidos e gases:**

**Figura 4**  
(APCOR, 2015)

A constituição química da cortiça contém Suberina e Cerina, o que confere uma total impermeabilidade a líquidos e praticamente impermeável a gases, com isto, a resistência que tem à humidade permite-lhe envelhecer sem degenerar (APCOR, 2015), (Figura 4).

**iii. Elasticidade e compressibilidade:**

**Figura 5**  
(APCOR, 2015)

A cortiça tem uma grande flexibilidade devido à sua constituição celular ser estanque e conter ar dentro delas, deste modo é possível comprimir até cerca de metade da sua largura sem perder as suas características, voltando sempre ao seu volume inicial (Figura 5). Dada a elasticidade, adapta-se a alterações de temperatura e pressão sem sofrer variações, sendo também o único sólido capaz de ser comprimido de um lado sem alterar o volume do lado oposto (APCOR, 2015).

**iv. Isolamento térmico e propriedades acústicas:**

**Figura 6**  
(APCOR, 2015)

Os milhões de células existentes por cada centímetro cúbico (cerca de 40 milhões) e a sua respetiva composição, faz da cortiça um excelente produto de absorção de decibéis, ideal para absorver sons e vibrações. Por outro lado a sua configuração molecular permite absorver e conservar o calor por longo períodos (APCOR, 2015), (Figura 6).

**v. Combustão lenta:**

A cortiça é um material ótimo para barreira de incêndios pois esta não produz chama nem liberta gases tóxicos e a sua combustão lenta torna-a num retardador natural de fogo (APCOR, 2015), (Figura 7).

**Figura 7**  
(APCOR, 2015)

**vi. Antiestática e hipoalergénica:**

A cortiça não absorve os póis, o que impede o aparecimento de ácaros e outras substâncias, de modo que previne doenças alérgicas (APCOR, 2015), (Figura 8).

**Figura 8**  
(APCOR, 2015)

**vii. Resistência ao atrito:**

A estrutura da cortiça assemelha-se aos favos de mel, o que lhe confere uma boa resistência ao desgaste (APCOR, 2015), (Figura 9).

**Figura 9**  
(APCOR, 2015)

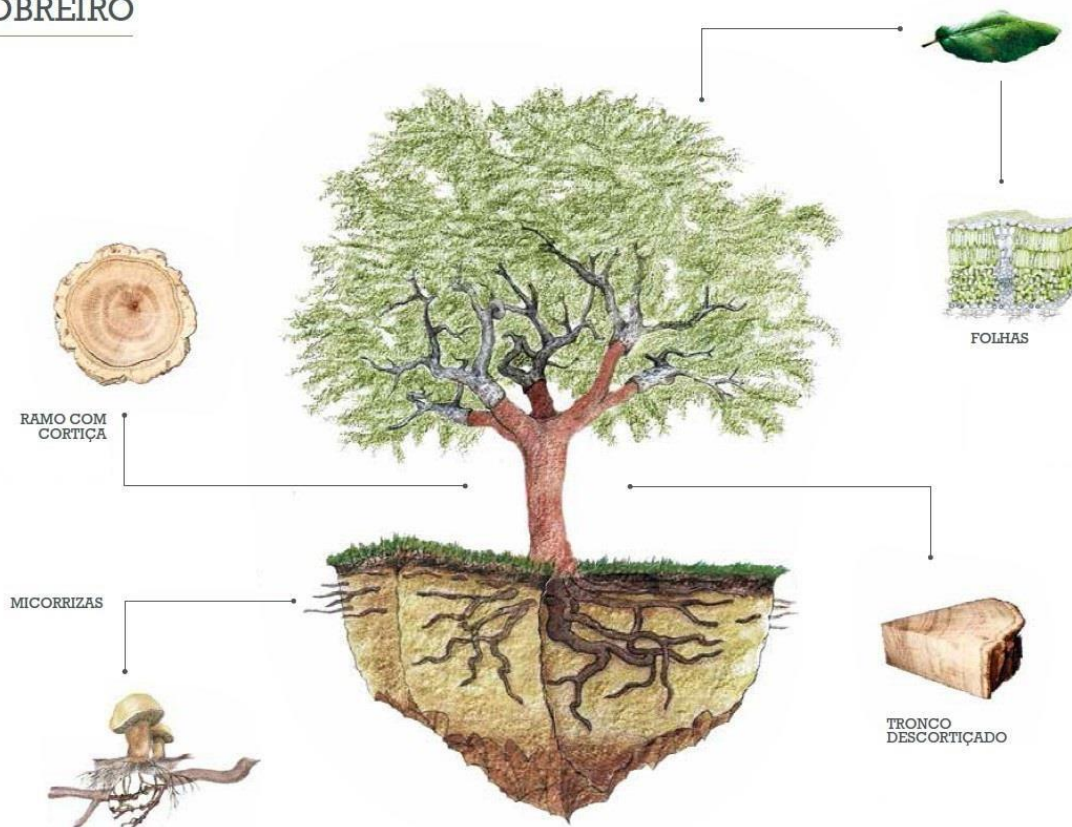
**2.2. A árvore da cortiça e a rede geográfica**

O sobreiro, também conhecido por sobro (*Quercus Suber L.*) é uma árvore que se distingue pelo tipo de casca suberosa (cortiça), a qual cobre os ramos, o tronco e as raízes, com a particularidade de que quando removida, a sua casca é capaz de se regenerar. O sobreiro em idade adulta pode atingir um porte entre 10 a 15 metros de altura e pode viver em média 200 anos, apesar dos descortiçamentos ao longo da sua vida. Pode-se considerar esta árvore como única espécie vegetal capaz de produzir cortiça de forma sustentável (APCOR, 2015).



O sobreiro (Figura 10) tem características próprias que lhe permitem a sua existência no mediterrâneo, sendo que é verde durante o ano inteiro (folhagem persistente) e reativo às securas, visto que os poros se fecham para reduzir perdas de água por transpiração durante períodos secos. Isto confere-lhe um gama de temperaturas entre os -5 a 40 °C (APCOR, 2015).

### O SOBREIRO



**Figura 10-Sobreiro (APCOR, 2015)**

Os primeiros sobreiros datam de há milhões de anos atrás, no entanto estes localizam-se apenas na zona mediterrânea (Amorim, 2015), devido a fatores naturais ao longo do tempo e a adaptação desta árvore a este tipo de clima. Estima-se que os montados de sobreiro (florestas de sobreiros) ocupem uma área com mais de 2,2 milhões de hectares na bacia do Mediterrâneo, onde 90% dessa área é detida por Portugal, Espanha, Marrocos e Argélia. Anualmente são extraídos cerca de 340 mil toneladas (Figura 11). Portugal detém cerca de um terço da produção total, sendo o maior produtor mundialmente. (Amorim, 2015)

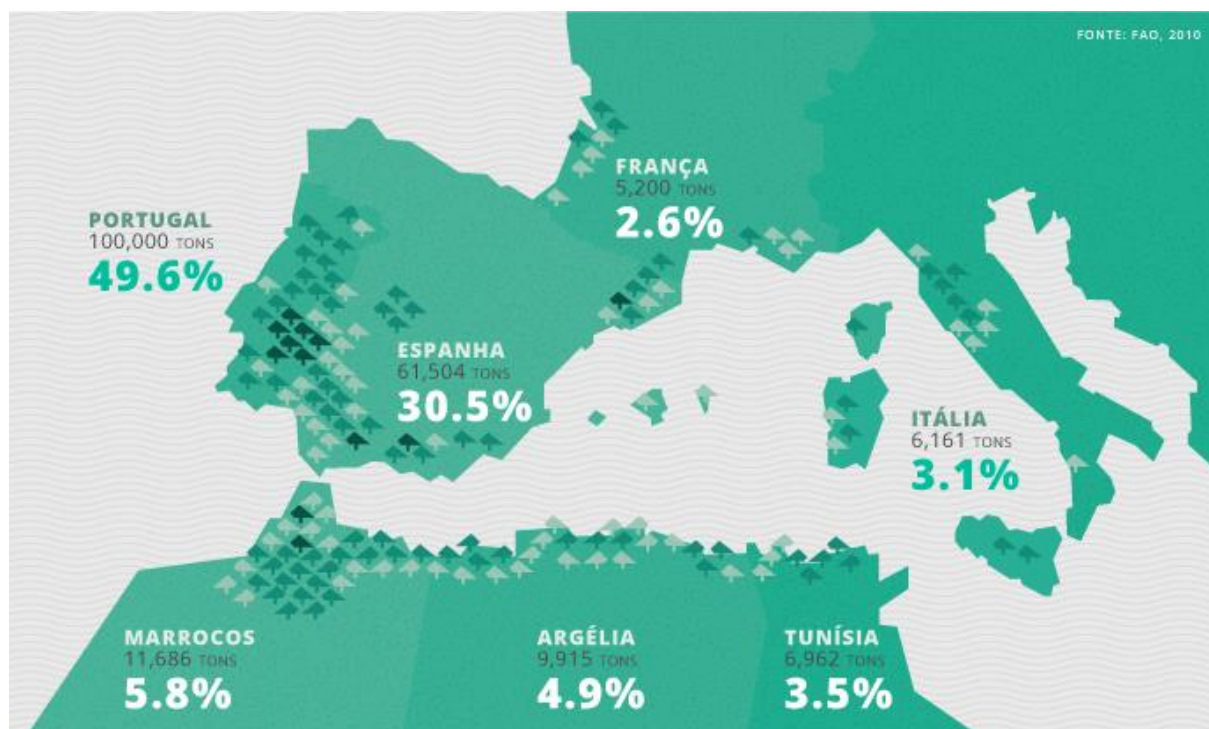


Figura 11-Rede de distribuição de Sobro (Amorim, 2015)

Nestes países este setor tem um papel preponderante, quer no plano económico, quer social ou até mesmo ambiental. Em Portugal a área de Sobro é cerca de 23% em relação ao total da floresta, sendo que esta tem tendência a crescer anualmente na ordem dos 4%.

Devido à importância deste tipo de árvore em Portugal, esta encontra-se protegida legalmente desde a idade média, sendo proibido o abate da mesma sem a devida autorização.

### 2.3. Descortiçamento

O processo de transformação da cortiça ou descortiçamento, consiste na extração da casca do sobreiro durante a fase mais ativa do crescimento da casca, a qual se realiza nos finais de Maio e início de Junho e prolonga-se até finais de Agosto. Para que se perceba melhor este processo, é necessário elucidar alguns parâmetros a ter em conta: após a sua plantação ou por origem natural e espontânea, é necessário um intervalo de 25 anos até à sua primeira extração, o tronco terá de ter cerca de 70 centímetros de perímetro a partir de 1,30 metros do solo, só desta maneira é possível fazer a primeira extração, sendo que as próximas serão realizadas de 9 em 9 anos, durante um intervalo médio de 150 anos (APCOR, 2015).

No primeiro descortiçamento, a casca apresenta uma estrutura bastante irregular e com uma dureza que a torna difícil de trabalhar, por estas razões é chamada “cortiça virgem”, não sendo utilizada para a produção de rolhas, pois não apresenta a qualidade mínima exigida, de qualquer forma esta cortiça serve para a manufatura de pavimentos, isolamentos, entre outros. Após 9 anos a segunda extração é realizada e mesmo esta já tendo uma estrutura regular e menos dura que a anterior, ainda é imprópria para a produção de rolhas, sendo que lhe chamam de “cortiça secundeira” (APCOR, 2015).

Na terceira extração de cortiça e após 18 anos da primeira, consegue-se obter cortiça com as devidas propriedades para manufatura de rolhas, com uma estrutura muito regular com “costas e barrigas lisas” na qual é chamada a “cortiça amadia ou cortiça de reprodução”, a partir da qual esta irá fornecer cortiça de qualidade durante um século e meio e do qual se esperam em média uns 15 descortiçamentos. (APCOR, 2015).

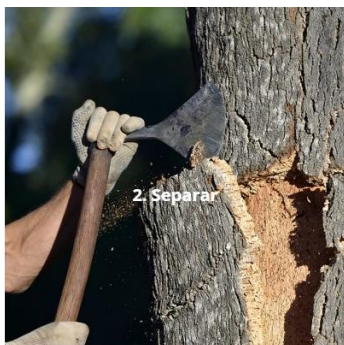
O descortiçamento do sobreiro é um processo arcaico e que passa de gerações em gerações, o qual deve ser feito por especialistas, de forma a não danificar as árvores, pois é necessária uma grande habilidade manual, assim como uma vasta experiência. Para isso, a extração é executada em várias etapas: (APCOR, 2015).

#### i. Abrir:



É realizado um golpe no sentido vertical na ranhura mais profunda existente na casca (Figura 12), seguido em simultâneo de um torcimento no machado de forma a separar da prancha do entrecasco. A experiência dos “descortiçadores” é preponderante nesta etapa, visto que a própria cortiça emite sons característicos no rasgamento, sendo perceptível quando se está perante um bom ou mau rasgamento.

**Figura 12-Corte na casca do sobreiro (APCOR, 2015)**

**ii. Separar:**

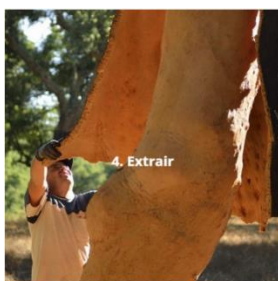
**Figura 13-Separação da prancha do tronco (APCOR, 2015)**

Seguido do corte, efetua-se a separação da prancha com a inserção do gume do machado entre a barriga da prancha e o entrecasco executando um movimento de torção no machado de forma a separar a cortiça do tronco (Figura 13).

**iii. Traçar:**

**Figura 14-Corte para delimitar o tamanho da prancha (APCOR, 2015)**

É efetuado um corte no sentido horizontal de forma a delimitar o tamanho da prancha de cortiça a retirar (Figura 14). Neste processo é normal ocorrer alguns cortes que podem provocar a alteração da geometria do tronco.

**iv. Extrair:**

**Figura 15-Extração da prancha (APCOR, 2015)**

Na extração a prancha é retirada cuidadosamente de modo a que esta não parta (Figura 15), sendo que quanto maior for a prancha maior será o seu valor comercial e neste caso a experiência dos “descortiçadores” é um fator importante. Depois de retirada a primeira prancha, são efetuadas de novo as operações anteriores até o tronco estar totalmente liberto da casca.

**v. Descalçar:**

Após a retirada de todas as pranchas, é normal ficarem alguns fragmentos “colados” ao tronco, sendo necessário retirar todos esses “nódulos” do tronco, para que a nova casca possa crescer de forma regular (Figura 16).

**Figura 16-Retirada de pequenos nódulos no tronco (APCOR, 2015)**

**vi. Marcação:**

Por fim, a árvore é marcada com o último algarismo do ano em que foi realizada a extração (Figura 17).

**Figura 17-Marcação da árvore (APCOR, 2015)**

A seguir à extração, é necessário que a cortiça passe por um período de maturação, neste seguimento as pranchas de cortiça ficam empilhadas na floresta ou em estaleiros de fábricas, de modo a ficarem ao ar livre apanhando sol e chuva. Apesar destes procedimentos, existe uma panóplia de regras muito restritas definidas pelo Código Internacional de Práticas Rolheiras (CIPR), de forma a permitir a estabilização da cortiça. Neste âmbito, a CIPR define que a cortiça empilhada não pode estar em contacto com materiais contaminantes e com o solo, a madeira é um exemplo de um material que não pode estar em contacto com a cortiça, desse modo evita-se quaisquer tipos de fungos. Durante este período de repouso dá-se a maturação e a estabilização da cortiça, na qual segundo a CIPR, a duração do tempo em repouso das pranchas, deve ser por um período superior a 6 meses (APCOR, 2015).



## 2.4. Aplicações

Devido à grande versatilidade da cortiça e as suas características próprias podemos encontrá-la em vários sítios e em vários formatos. Na construção civil, por exemplo pode ser usada como revestimentos de fachadas em pavimentos e como isolante térmico ou acústico, assim como é empregada por *designers* nacionais e internacionais na área da decoração em cadeiras, colchões, combinação entre faianças, entre outros (APCOR, 2015). A Figura 18 mostra algumas das aplicações da cortiça na construção e decoração.

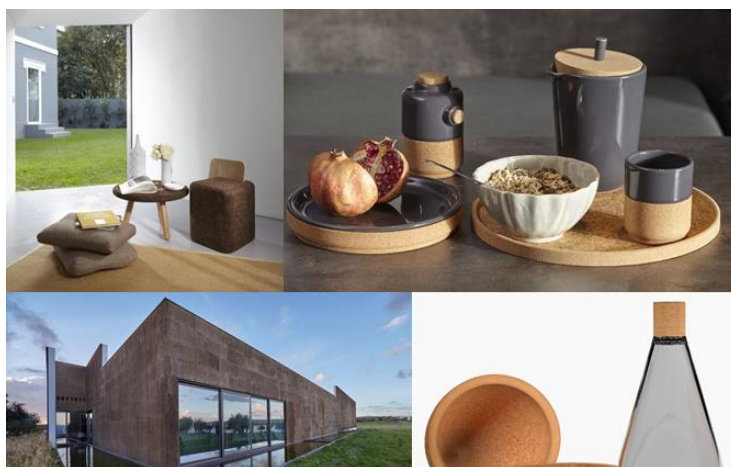


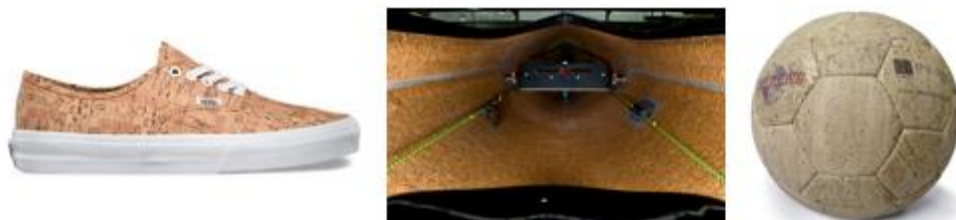
Figura 18-Aplicações da cortiça na construção e decoração (APCOR, 2015)

Recentemente a cortiça também chegou às grandes marcas de alta-costura com estilistas de renome nacional e internacional a moldar este tipo de matéria-prima para diversos tipos de vestuário (APCOR, 2015), (Figura 19).



Figura 19-Aplicações da cortiça na alta-costura (APCOR, 2015)

Tal como na moda, também no desporto a cortiça é usada em sapatilhas desportivas, em bolas de hóquei, golfe, críquete, baseball e futebol, por estas apresentarem uma maximização do desempenho das mesmas. No desporto aquático também podemos observar este tipo de produto em pranchas de surf, canoas, entre outros (APCOR, 2015). Algumas destas aplicações podem ser visualizadas na Figura 20.



**Figura 20-Aplicações da cortiça no desporto (APCOR, 2015)**

Apesar das aplicações atrás referidas serem as mais comuns, também se pode encontrar a cortiça no Espaço (componentes de satélites), em aviões, em automóveis, capacetes, entre outras aplicações na qual não podíamos imaginar, daí a cortiça ser uma matéria-prima muito versátil dadas as suas características próprias (APCOR, 2015), (Figura 21).



**Figura 21-Aplicações da cortiça nos meios de transporte (APCOR, 2015)**

## 2.5. Rolhas de cortiça

As rolhas de cortiça constituem um dos produtos mais famosos e conhecidos no ramo da cortiça, sendo utilizadas desde o tempo do Antigo Egito para tapar as ânforas de vinho, mantendo esse papel atualmente. Anualmente são produzidas mais de 12 milhões de garrafas, onde a rolha de cortiça assume um papel principal, pois 70% dos produtores de vinho preferem utilizar este tipo de rolha em detrimento de rolhas sintéticas devido às características incomparáveis destas. *“Os melhores produtores do mundo continuam a preferir rolhas de cortiça e os verdadeiros*

*apreciadores de vinho não dispensam o ritual de abrir uma garrafa com rolha de cortiça”* (APCOR, 2015).

Dadas as características do mercado, existem atualmente variados formatos de rolha, que variam desde as rolhas naturais às capsuladas.

### **2.5.1. Rolhas Naturais**

Este tipo de rolhas é produzido através de um processo que se intitula como “brocagem” (Figura 22), onde se insere um molde numa prancha de cortiça, na qual as dimensões podem ser cónicas ou cilíndricas. Quanto às medidas, estas variam consoante o tipo de garrafa, sendo que a qualidade da vedação depende mais do diâmetro do que do comprimento (APCOR, 2015).



**Figura 22-Brocagem das rolhas naturais (APCOR, 2015)**

### **2.5.2. Rolhas Multipeça**

O fabrico deste tipo de rolhas é feito a partir de duas ou mais metades de cortiça natural coladas entre si (Figura 23). São rolhas feitas de cortiça mais delgada que não servem para o fabrico de rolhas naturais de uma só peça. Quanto às suas características densimétricas, estas são mais elevadas, relativamente às medidas comuns e as classes existentes são iguais às das rolhas naturais de uma só peça. São utilizadas com maior frequência em garrafas de grandes formatos que exijam um calibre de rolha maior. De notar que neste tipo de procedimento é necessário que a cola seja certificada conforme as norma de materiais em contato com alimentos (APCOR, 2015).





**Figura 23-Rolha Multipeça (APCOR, 2015)**

### **2.5.3. Rolhas colmatadas**

Este tipo de rolhas é o mais parecido com as rolhas naturais, pois tem a particularidade de conter poros naturais de cortiça preenchidos com pó proveniente da retificação de rolhas naturais. Para preencher os poros é utilizada uma cola à base de resina natural ou pode optar-se por colas à base de água. Este processo permite uma observação do físico da rolha, para além de melhorar a sua performance. Relativamente aos formatos, existem várias formas e dimensões, apesar de a forma cilíndrica ser a mais comum (APCOR, 2015). A Figura 24 mostra a imagem de uma rolha colmatada.



**Figura 24-Rolha colmatada (APCOR, 2015)**

### **2.5.4. Rolhas de champanhe**

As rolhas de champanhe pertencem à classe das rolhas técnicas, pois são concebidas através de um corpo formado por aglomerado de grânulos de cortiça, na qual num dos topos é inserido um ou dois discos de cortiça (Figura 25). Este tipo rolha é essencialmente produzido para tipos de

vinho espumante (gaseificados) devido às altas pressões existentes no interior das garrafas. Por este motivo o diâmetro da rolha é considerável assim como o controlo de qualidade é mais exigente. (APCOR, 2015).



**Figura 25-Rolha de champanhe  
(Cola, 2014)**

#### **2.5.5. Rolhas Técnicas**

As rolhas técnicas (Figura 26) são geralmente constituídas por um corpo de aglomerado de cortiça muito denso, sendo que nas suas extremidades são colados discos de cortiça natural, são rolhas quimicamente muito estáveis e mecanicamente muito resistentes, sendo capazes de suportar torção no engarrafamento e desarrolhamento. Apesar disto, estas rolhas são fabricadas para vinhos destinados ao consumo de 1 a 3 anos (APCOR, 2015).



**Figura 26-Rolha técnica (APCOR,  
2015)**

#### **2.5.6. Rolhas micro granuladas**

Este tipo de rolhas são produzidas através de aglomerados de cortiça com uma granulometria específica, é um tipo de rolha de nova geração onde os grânulos são colados através de um

adesivo certificado para o contacto alimentar (Figura 27). Estas são preparadas de forma a melhorar a sua neutralidade sensorial, na qual a sua principal característica resume-se à grande estabilidade estrutural. São indicadas para vinhos de consumo rápido (APCOR, 2015).



**Figura 27-Rolha micro granulada  
(APCOR, 2015)**

#### **2.5.7. Rolhas aglomeradas**

As rolhas aglomeradas (Figura 28) são produzidas a partir de grânulos vindos de restos da cortiça natural, os quais são aglutinados por substâncias certificadas para o uso alimentar. O processo é realizado através de moldagem ou extrusão, este tipo de rolha é um modo económico para uma excelente vedação e indicado para vinhos de consumo até 24 meses (APCOR, 2015).



**Figura 28-Rolhas aglomeradas  
(APCOR, 2015)**

### 2.5.8. Rolhas capsuladas

As rolhas de cápsula, ou rolhas capsuladas, são produzidas com um propósito de a sua reutilização ser mais fácil e prática de abrir e fechar, daí serem utilizadas em vinhos licorosos e bebidas espirituosas. A sua produção consiste na colagem de uma rolha de cortiça a uma cápsula que pode ser de madeira, PVC, porcelana, vidro, entre outros materiais. Quanto às dimensões, estas podem ser muito variadas, sendo que algumas são feitas de acordo com o solicitado pelos clientes (APCOR, 2015). A Figura 29 ilustra uma rolha capsulada.



**Figura 29-Rolha capsulada (APCOR, 2015)**

## **3. Desenvolvimento Geral do Projeto**

### **3.1. Enquadramento do projeto**

Este projeto surgiu no âmbito da necessidade da empresa J.A. Beira, Lda. substituir um processo de ensaio da colagem de rolhas capsuladas atualmente executado de forma manual e empírica, por outro mais rigoroso e feito de forma automatizada. Como já mencionado, as rolhas capsuladas passam por um processo de fabrico, na qual a cápsula é colada à rolha de cortiça, podendo no produto final verificar-se vários defeitos de fabrico.

O controlo de qualidade de rolhas defeituosas atualmente feito na J.A. Beira, Lda. é restrito a uma pequena amostragem de rolhas tiradas aleatoriamente de um lote, as quais são submetidas a ensaios destrutivos por um operador que aplica força com a palma da mão na parte superior da rolha até esta ceder. Este ensaio consiste basicamente em verificar a zona onde a rolha cedeu, caso se verifique que uma grande percentagem das amostras do lote produzido partiu na colagem, os técnicos mandam averiguar o processo de colagem rolha/cápsula. É um processo simples e satisfatório, mas contém algumas deficiências, visto que o ensaio se concentra apenas numa relativa percentagem de um lote de rolhas produzido, não havendo um controlo total. Além disso, o fato de ser executado por um operador, baseado na sua sensibilidade e experiência torna o procedimento uma avaliação com características subjetivas, não havendo qualquer quantificação de dados na avaliação efetuada.

Ora na indústria, os clientes são cada vez mais minuciosos neste tipo de abordagem, até porque pagam um preço pela qualidade das rolhas capsuladas, pretendendo total confiança no produto final. Assim, surge a necessidade de automatizar o procedimento de avaliação deste tipo de rolhas, para que todos os lotes ou a maior parte deles possam ser submetidos a um teste de colagem mais fiável, de modo a oferecer um produto final com maior garantia de qualidade. Sendo assim, o presente projeto visa contribuir para a resolução das lacunas existentes no processo atual.

### **3.2. Pesquisa de Patentes**

Para a elaboração do equipamento, é fundamental pesquisar a existência de outros equipamentos, eventualmente já existentes com características semelhantes. Assim, uma das primeiras etapas deste trabalho passou pela verificação de registros de equipamentos nos principais motores de busca, tendo sido realizadas pesquisas na *Google Patents*, no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), na WIPO (*World Intellectual Property Organization*) e na EPO (*European Patent Office*).

Em todas as pesquisas efetuadas verificou-se a não existência de produtos com características idênticas ao equipamento a desenvolver. Recorde-se que este tem como intuito garantir a qualidade da colagem entre a rolha e a cápsula do produto final rolhas capsuladas.

### **3.3. Recolha e tratamento de dados**

Antes do projeto do equipamento foi necessário identificar um conjunto de fatores importantes para as opções a seguir. Em primeiro lugar, e mais importante, as características a que o equipamento deve estar sujeito. Neste âmbito existem vários pormenores, em parte devido à diversificação de rolhas capsuladas, bem como os vários tamanhos existentes, desde ao tamanho das cápsulas até ao das rolhas.

Outro fator a ter em conta envolve as características mecânicas da rolha, em particular a resistência e rigidez da rolha quando sujeita uma força transversal ao eixo da rolha, aplicada na sua extremidade livre, que corresponde à situação mais desfavorável, simulando as condições reais de utilização. Assim, foi considerado determinante de modo a perceber identificar e quantificar qual o valor limite de força a aplicar na rolha sem que nesta entre em processo de cedência, sendo este um indicativo válido de uma “boa colagem”. Este permitiu obter valores de referência para a força aplicar no ensaio, sem danificar a colagem da cápsula ou da rolha.

#### **3.3.1. Dados da geometria das rolhas capsuladas**

Um das condições de suporte na conceção do equipamento passou pelas dimensões das rolhas para teste. Os dados relativamente à geometria das rolhas capsuladas foram facultados pela

empresa J.A. Beira, Lda., sendo que apenas foram disponibilizadas algumas medidas. As Tabelas 1 e 2 descrevem as dimensões mais e menos habituais associadas às rolhas capsuladas usadas produzidas nesta empresa.

**i. Tipo de rolhas capsuladas mais usuais (Lote 1, Lote 2, Lote3, Lote 4, Lote 5 e Lote 6)**

**Tabela 1 - Estilos de rolhas capsuladas mais usuais**

	<b>Diâmetro da cápsula [mm]</b>	<b>Altura da cápsula [mm]</b>	<b>Diâmetro da rolha [mm]</b>	<b>Altura da rolha [mm]</b>
<b>Lote 1</b>	34	13	23	33
<b>Lote 2</b>	37	14	24	29
<b>Lote 3</b>	32	18	19	38
<b>Lote 4</b>	28	13	19	30
<b>Lote 5</b>	29	11	19	32
<b>Lote 6</b>	28	9	19	31

**ii. Tipo de rolhas capsuladas menos usuais (vários estilos)**

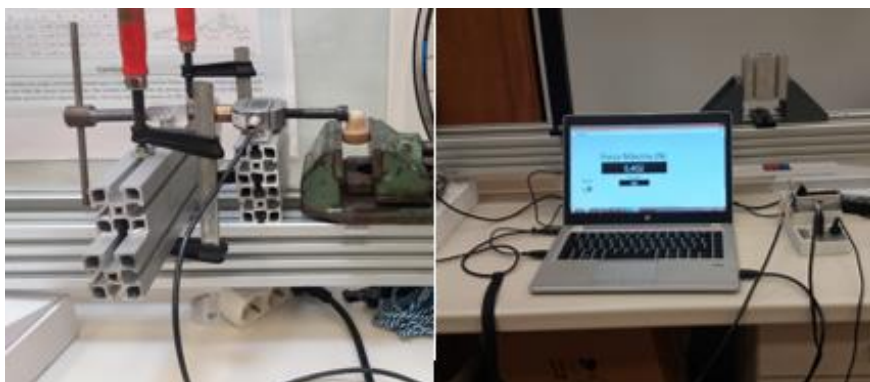
**Tabela 2 - Lotes de vários estilos**

	<b>Diâmetro da cápsula [mm]</b>	<b>Altura da cápsula [mm]</b>	<b>Diâmetro da rolha [mm]</b>	<b>Altura da rolha [mm]</b>
<b>Estilo 1*</b>	57	14	27	34
<b>Estilo 2*</b>	34	25	23	45
<b>Estilo 3*</b>	45	20	25	40
<b>Estilo 4*</b>	50	15	24	35

**3.3.2. Valores obtidos nos ensaios**

De modo a identificar uma das características de suporte mais importantes no projeto do equipamento, a componente de força a exercer na rolha, foi desenvolvida uma montagem experimental para proceder a uma caracterização baseada em amostras fornecidas pela empresa. Esta montagem consistiu num suporte da rolha, com aperto da sua cápsula num torno de bancada e um dispositivo mecânico do tipo parafuso sem fim para exercer força na extremidade livre da rolha. Na extremidade do parafuso sem fim foi acoplada uma célula de carga da marca *AEP transducers*, com carga nominal de 500 N, ligada a uma placa de aquisição de dados da

*National Instruments*. A comunicação da célula de carga e registo de dados foi garantida através de um programa desenvolvido em linguagem *LabView*. A força foi aplicada manualmente e de modo gradual com a rotação do parafuso sem fim até se obter a cedência da rolha. A Figura 30 mostra a montagem experimental usada nos testes.



**Figura 30-Testes de rutura nas rolhas capsuladas**

O registo de força permitiu uma análise posterior a cada uma das rolhas ensaiadas. Foram efetuados ensaios aos vários lotes de rolha capsulada disponibilizados na tabela 3. Os dados obtidos dependem sobretudo da geometria (altura e diâmetro) da cápsula/rolha e do tipo de cortiça utilizada na rolha (ver secção 2.5), verificando-se valores baixos para rolhas capsuladas com cortiça do tipo granulado e de menores dimensões (altura e diâmetro), conforme se pode verificar na Tabela 3. A Tabela 4 mostra os valores médios e desvio padrão da carga máxima suportada por cada tipo de rolha capsulada.

**Tabela 3 - Dados relativos aos ensaios aos vários tipos de rolhas capsuladas**

Nº de ensaios	Carga Máxima Suportada [N]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Lote 1</b>	115,3	175,8	164,4	141,1	151,9	200,1	140,6	<b>79,8</b>	211,1	144,6	160,9	164,0
<b>Lote 2</b>	243,3	149,6	222,3	<b>80,8</b>	243,3	166,6	194,8	208,5	189,0	175,6	177,9	215,5
<b>Lote 3</b>	139,5	137,5	108,4	159,9	130,8	148,7	142,9	103,4	126,7	139,7	158,2	-
<b>Lote 4</b>	112,8	108,9	120,8	151,2	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lote 5</b>	102,2	93,2	<b>50,0</b>	120,2	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lote 6</b>	95,1	108,7	79,8	110,3	146,8	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lotes Vários</b>	227,0	155,4	150,8	134,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>estilos</b>	1*	2*	3*	4*								



**Tabela 4 - Média e Desvio Padrão da carga suportada por cada tipo de rolha capsulada**

	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Lote 1</b>	154,1 N	35,1 N
<b>Lote 2</b>	188,9 N	57,8 N
<b>Lote 3</b>	135,9 N	25 N
<b>Lote 4</b>	123,4 N	21 N
<b>Lote 5</b>	89,6 N	41,8 N
<b>Lote 6</b>	109,6 N	33,4 N
<b>Lotes Vários Estilos</b>	153,2 N	22,8 N

Uma das conclusões a retirar é que acima dos 100 N verifica-se que a cortiça, em todos os lotes, poderia ficar danificada, sendo este uma situação a evitar. Nos ensaios efetuados, apenas três rolhas de todos os lotes ensaiados apresentaram deficiências nas colagens, rondando o valor nos 80 N para as rolhas de maiores dimensões (Lotes 1 e 2) e o valor de 50 N para as de menores dimensões (Lote 5). Este estudo permitiu quantificar os limites de força a usar no ensaio não destrutivo das rolhas capsuladas, que deverá ser entre 100 N e 120 N para as rolhas capsuladas de maiores dimensões, enquanto para as rolhas capsuladas de menor dimensão o valor deve rondar os 80 N. Estes resultados, tendo em conta as condições de ensaio implementadas, além de fornecerem e disponibilizarem uma quantificação de força limite suportada na rolha capsulada foram determinantes para uma das condições de projeto a considerar.

### **3.4. Protótipos iniciais**

Para o desenvolvimento deste projeto foram feitas algumas exigências iniciais, relacionadas sobretudo com o tempo dos ensaios e o custo total do equipamento. Em termos de tempo de teste, foi solicitado pela empresa que não se ultrapasse 2 segundos por rolha, de forma a otimizar o tempo que um operador gasta no teste destrutivo. No que diz respeito ao custo do equipamento, foi solicitado que o mesmo não atingisse um valor demasiado elevado em termos de materiais e acessórios, sendo fixado um limite de 5.000,00 € (cinco mil euros).

### 3.4.1. Primeiro protótipo

O primeiro protótipo tinha como pressuposto funcionar com um prato rotativo, onde, por sua vez, as rolhas deslizavam por uma calha de gravidade (disposta com 45° de inclinação) até penetrar num jogo de matrizes apropriadas para cada diâmetro de cápsula (Figura 31). Em seguida o primeiro ciclo de 90° fazia-as girar até ao ponto de encontro com os atuadores lineares elétricos, dois na parte inferior (lados opostos) de modo a cumprir o aperto da cápsula e outros dois na parte superior (lados opostos) para fazer o respetivo ensaio. Seguidamente, fazia-se cumprir o segundo ciclo de 90° onde existiria um seletor com dois orifícios, um deles aberto (rolhas conformes<sup>1</sup>) e outro normalmente fechado, que só abriria em caso de rolhas não conformes<sup>2</sup>, com um atuador para mover uma chapa para o abrir. Estava-se assim perante um ciclo sem paragens, apenas para ensaiar e descarregar as respetivas rolhas, como se pode ver na Figura 31.

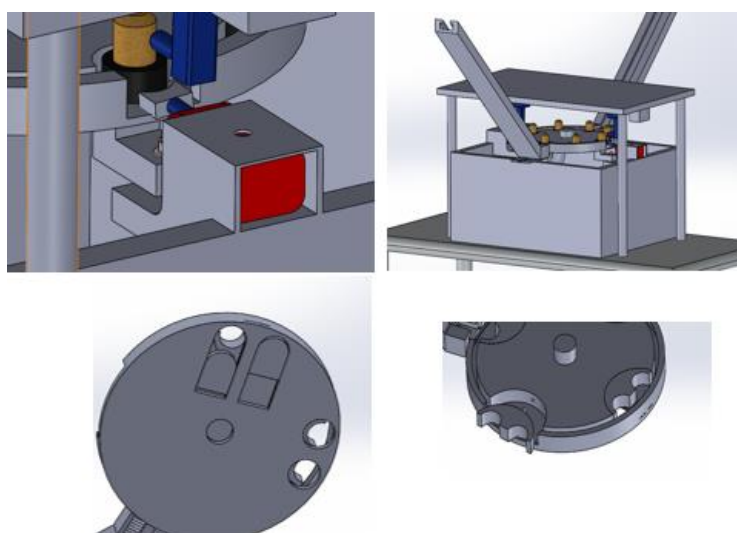


Figura 31-Secções dos vários componentes do primeiro protótipo

### 3.4.2. Segundo protótipo

O segundo protótipo baseou-se num protótipo anteriormente desenvolvido pelos alunos finalistas da licenciatura de Engenharia Mecânica do ISEC, Ricardo Quinteiro e Bruno

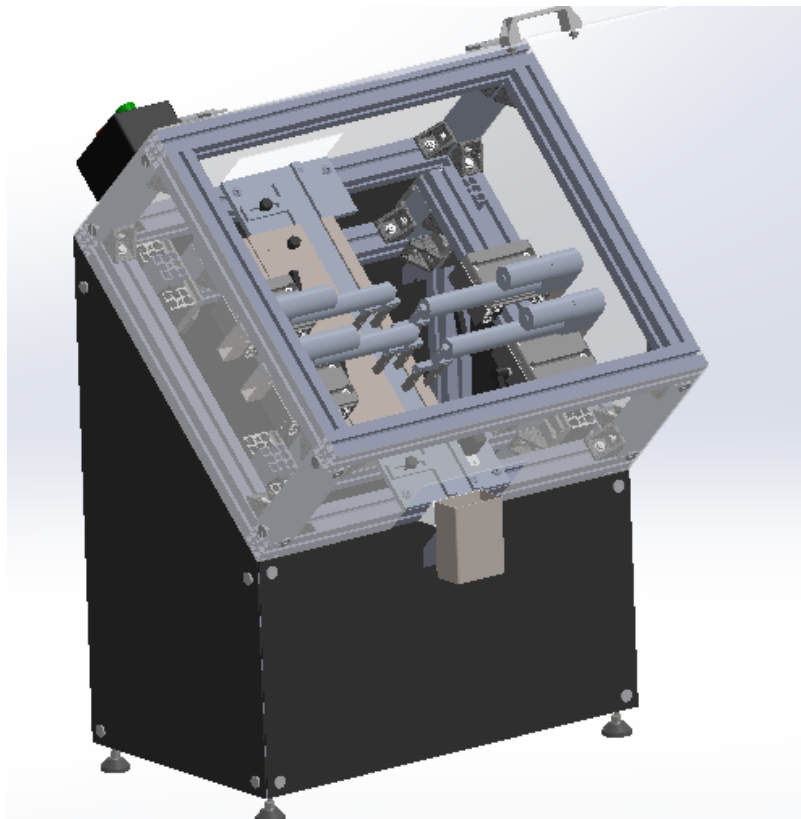
---

<sup>1</sup> Rolha conforme: tipo de rolha que passa no teste

<sup>2</sup> Rolha não conforme: tipo de rolha que não passa no teste, sendo retirada do lote

---

Portugal, no âmbito da unidade curricular de projeto. Esta teria como base de funcionamento uma calha regulável em altura e largura para permitir diferentes ajustes de rolhas capsuladas, um conjunto de quatro atuadores lineares elétricos acoplados a uma célula de carga para fazer o respetivo ensaio, os quais estavam fixos a carruagens para fazer uma regulação longitudinal. Por sua vez, os atuadores lineares estavam ligados a uma estrutura com carruagens livres, fazendo assim o movimento ascendente e descendente dos mesmos. Por fim, uma caixa com um seletor para fazer a respetiva seleção de rolhas conformes e não conformes, sendo esta controlada eletronicamente por uma placa Arduino (Figura 32).



**Figura 32-Protótipo desenvolvido pelos alunos Ricardo Quinteiro e Bruno Portugal (Quinteiro & Portugal, 2016)**

### 3.4.3. Quadro de decisão

O primeiro protótipo continha alguns fatores adversos, visto tratar-se de um sistema com alguma complexidade em termos de maquinação de peças e sistemas a desenvolver (matrizes auto-ajustantes via pino/mola, prato rotativo). Quanto às questões orçamentais, este excedia o definido inicialmente, pois teria de se recorrer a uma mesa de indexagem, motores de passo, *encoders*, entre outros dispositivos, cujo preço é elevado. Foi assim estimado um valor de cerca de 5.000,00 € (cinco mil euros) para o desenvolvimento deste equipamento.

Tendo em conta os valores acima mencionados, e após discussão da equipa de orientação dos trabalhos de projeto, foi sugerida a análise da possibilidade de implementar o conceito da segunda opção. Recorreu-se assim a uma tabela de decisão que permitiu compreender qual a melhor opção a adotar, como se pode observar na Tabela 5. Um quadro de decisão é um processo cognitivo que resulta na seleção de uma opção entre várias alternativas, onde se deve abranger os parâmetros de maior importância em relação aos de menor relevo. É um procedimento muitas vezes adotado quando surgem dúvidas quanto ao processo a prosseguir. Neste caso, um dos elementos a ter em conta foram o custo e a cadência<sup>3</sup>, onde o segundo protótipo apresentou uma melhor pontuação em detrimento do primeiro. Assim optou-se por utilizar o conceito de base, apresentado pelos alunos Ricardo Quinteiro e Bruno Portugal.

**Tabela 5 - Quadro de decisão**

	<b>IMPORTÂNCIA</b>	<b>1ªOPÇÃO</b>	<b>2ªOPÇÃO</b>
Preço	10	6	8
Cadência	9	4	5
Maquinação	7	3	4
Complexidade	6	3	4
Programação	4	3	3
“Elegância do sistema”	4	2	2
Total	40	21	<b>26</b>

<sup>3</sup> Cadência: Tempo que demora a realizar o ensaio de cada rolha

### 3.4.4. Revisão do segundo protótipo

Após a tomada de decisão de qual o caminho a seguir foi necessário estudar o modo operacional do mesmo. Assim foi estudada a proposta de conceito elaborada no relatório da unidade curricular de projeto dos alunos, assim como o caderno de produção proposto. Apesar de identificarem diversas lacunas na estrutura proposta, a base do conceito foi determinante para o desenvolvimento deste trabalho. De seguida descrevem-se algumas das falhas identificadas, que foram reestruturadas neste trabalho.

#### i. Primeira falha

O protótipo apresentava falhas no modo de aperto das cápsulas, pois só continha um conjunto de calhas reguláveis em largura e altura, não apresentando qualquer sistema de fixação. A força máxima para as rolhas de maiores dimensões será de 100 N (ver secção 3.3.2), enquanto para as rolhas de menores dimensões rondará os 80 N. Para se fazer um aperto correto das rolhas capsuladas, é necessário ter em conta a força aplicada, bem como ter em consideração a altura das respetivas rolhas. Sendo assim, existirá um binário de aperto mínimo, acordo com o exposto na Figura 33, onde  $M_{Bin}$  representa o binário máximo de aperto. Este valor encontra-se para uma situação de maior esforço, pois é onde se aplica uma força máxima de 100 N, assim como um braço máximo, correspondente à altura da rolha, de 45 mm (ver Tabela 2). Ao aplicar este binário inclui-se uma situação de segurança para uma gama de rolhas inferiores a estas dimensões.

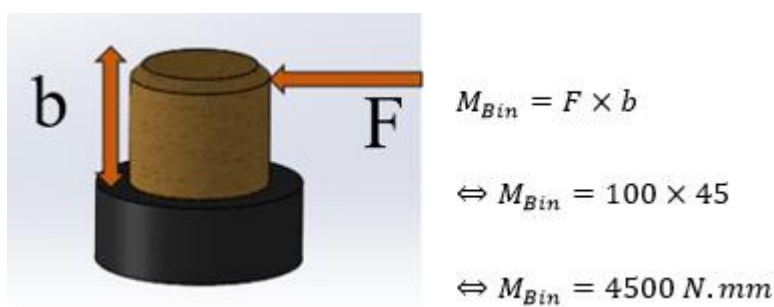


Figura 33-Cálculo do binário exercido

## ii. Segunda falha

O protótipo continha quatro atuadores lineares elétricos, mas não possuía qualquer controlo que permitisse certificar que apenas estariam a ser ensaiadas naquele momento quatro rolhas de cada vez. Apenas apresentava um sistema composto por uma barreira para o fecho e extração das rolhas capsuladas após o ensaio, carecendo assim de um sistema de controlo, situado a montante dos atuadores, de modo a evitar colisões de rolhas na altura da sua extração, bem como impedir a passagem de mais do que quatro rolhas.

## iii. Terceira falha

O sistema de seleção apresentava-se indevidamente projetado, uma vez que apenas se centrava numa caixa localizada logo a seguir às calhas inclinadas, contendo no interior apenas um seletor (Figura 34). A calha tem uma inclinação de 45°, originando assim uma velocidade considerável nas rolhas, o que poderia provocar um encravamento do seletor.

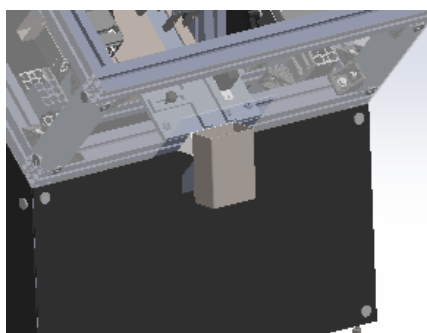


Figura 34-Caixa do seletor de rolhas  
(Quinteiro & Portugal, 2016)

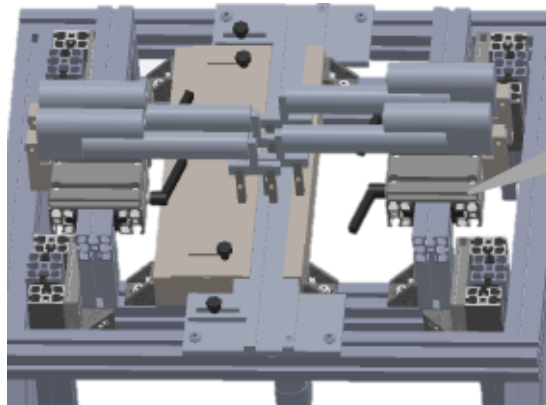
## 3.5. Protótipo restruturado

O equipamento que se veio a adotar incluía a correção de falhas que o conceito inicialmente sugerido apresentava, de maneira a torná-lo funcional. Recorrendo à modelação 3D, com recurso ao *software Solidworks*<sup>4</sup>, foram identificadas algumas falhas que poderiam ocorrer na altura da montagem do protótipo. A geometria de alguns dos componentes integrantes do projeto anterior foi mantida, contudo a grande maioria foi alterada. A Figura 35 apresenta o

---

<sup>4</sup> *Solidworks*: *software* de Computer Aided Design (CAD)

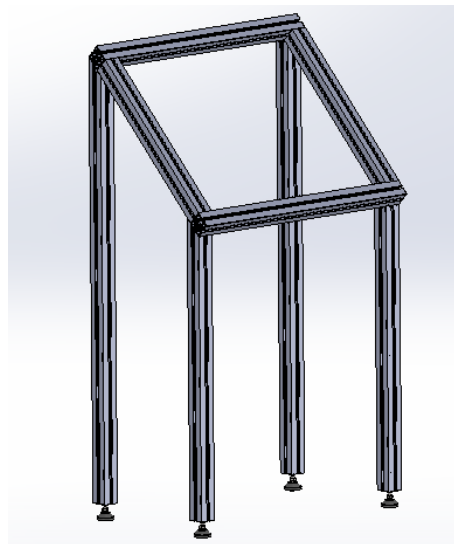
modelo 3D do conjunto proposto pelos alunos de projeto e tido como conceito de base, designado por protótipo antes da reestruturação.



**Figura 35-Protótipo antes da reestruturação  
(Quinteiro & Portugal, 2016)**

### 3.5.1. Estrutura de Suporte

Inicialmente recorreu-se a um procedimento de nova montagem 3D (*assembly*<sup>5</sup>), para começar a inserir todos os componentes já desenvolvidos. Na Figura 36 pode-se observar a estrutura de suporte desenvolvida.



**Figura 36-Estrutura de suporte**

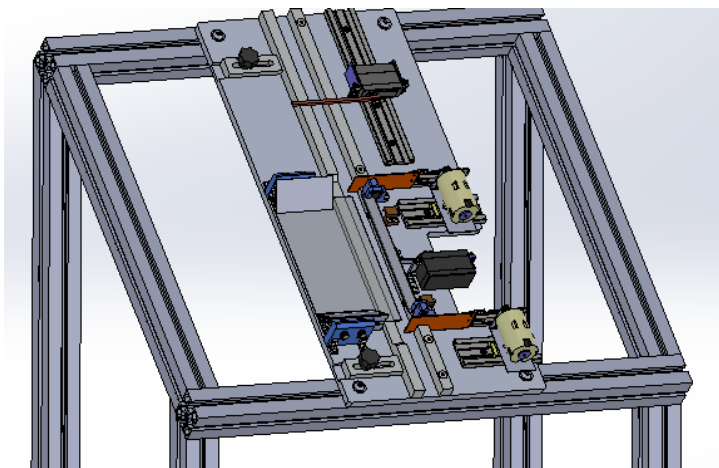
---

<sup>5</sup> *Assembly*: Termo inglês que designa uma montagem de uma estrutura em CAD

Esta estrutura sofreu uma alteração ao nível da altura, pois anteriormente necessitava de uma mesa para ficar a uma altura que permitisse ao operador fazer o respetivo manuseamento. Atualmente as barras de perfil mais altas, atrás têm uma altura de 1180 mm e à frente de 800 mm. Esta altura foi projetada considerando um operador com uma altura média de 1750 mm.

### 3.5.2. Mesa de Suporte

Em seguida foi montada a mesa na qual as rolhas capsuladas vão deslizar. Nesta parte foi necessário proceder a uma série de alterações, como consta na Figura 37 (sistemas de controlo de passagem de rolhas capsuladas, Sistema de aperto e fixação, proteção de resíduos).



**Figura 37-Mesa de suporte e respetivos componentes necessários para as regulações**

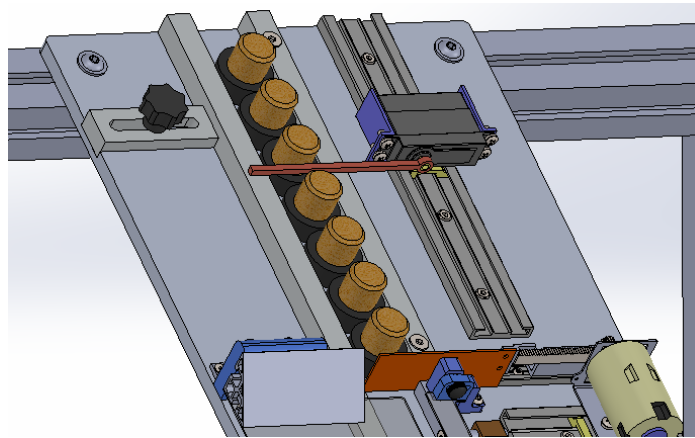
Como já referido, este sistema tem de ser capaz de ensaiar diferentes tipos de rolhas capsuladas, o que significa uma grande variedade de dimensões dessas rolhas. Para isso houve a necessidade de se controlar o número de rolhas por cada ensaio. Como o protótipo inicial não continha qualquer sistema de controlo das mesmas, foram inseridos três dispositivos para poder fazer esse mesmo controlo e assim impedir qualquer falha. De seguida descrevem-se os mecanismos de controlo que foram desenvolvidos:

#### i. Servo motor de controlo da cancela

Este servo motor está fixo a uma calha regulável sendo possível movimentá-lo antes do ensaio e ajustá-lo para determinado tipo de rolhas capsuladas a serem ensaiadas, conforme se observa



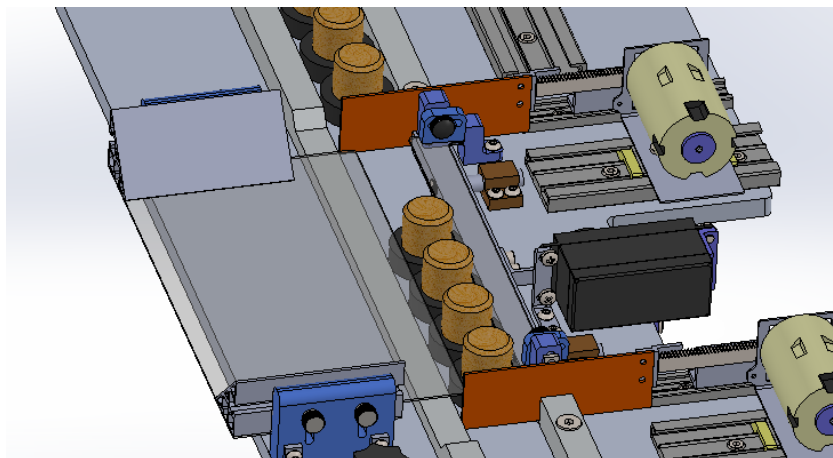
na Figura 38. Permite que só se movimentem para a zona de ensaio quatro rolhas capsuladas de cada vez.



**Figura 38-Servomotor de controlo da cancela**

**ii. Motor 1 e 2 de controlo por barreira**

Seguidamente existe um outro controlo que é efetuado por dois motores DC<sup>6</sup>. Estes fazem o controlo de abertura de outra cancela e o despejo das quatro rolhas capsuladas que foram previamente ensaiadas pelos atuadores lineares. O motor 1<sup>7</sup> abre a cancela após o fecho do servomotor, e o motor 2 abre a cancela após o ensaio das rolhas capsuladas e do respetivo fecho da cancela do motor 1 (Figura 39).



**Figura 39-Controlo das rolhas capsuladas através dos motores DC**

---

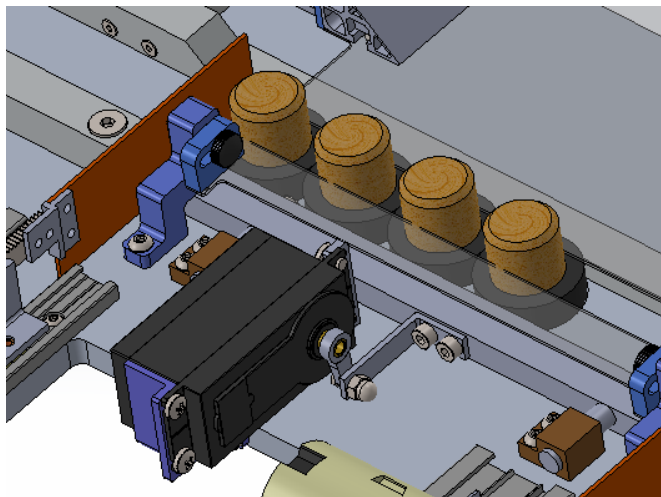
<sup>6</sup> Motor DC/ Motor CC: motores de corrente contínua

<sup>7</sup> Motor 1: Canto superior direito na Figura 39

Conforme se observa na Figura 39, os motores 1 e 2 encontram-se fixos a uma calha para poderem ser regulados consoante a abertura da mesma, dependendo do diâmetro da cápsula da rolha capsulada. Desta maneira é possível garantir que só caem, de cada vez, quatro rolhas capsuladas para a zona de ensaio. Assim garante-se um correto funcionamento, sem possíveis falhas operacionais.

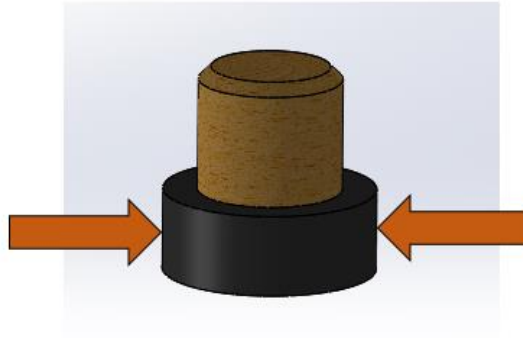
### iii. Sistema de fixação das rolhas capsuladas

Conforme referido anteriormente (ver secção 3.4.4), para que o ensaio se realize corretamente, a rolha capsulada tem de ser fixa pela cápsula para que, quando ocorra o ensaio, esta não se movimente. Dessa maneira foi pensado um sistema de fixação para as cápsulas, sendo que este sistema teria de abranger todos os diâmetros possíveis. Para um correto aperto da cápsula, esta deveria ter um sistema semicircular de modo a aumentar a área de contacto, mas devido à grande variedade de diâmetros, iria originar um sistema complexo e mais caro. Então foi projetado um mecanismo com um servo motor de elevado binário (2440 N.mm), ligado por meio de uma alavanca a uma barra que avança até apertar a cápsula contra a outra guia (Figura 40 e Figura 41).



**Figura 40-Servo motor responsável pelo aperto das cápsulas**

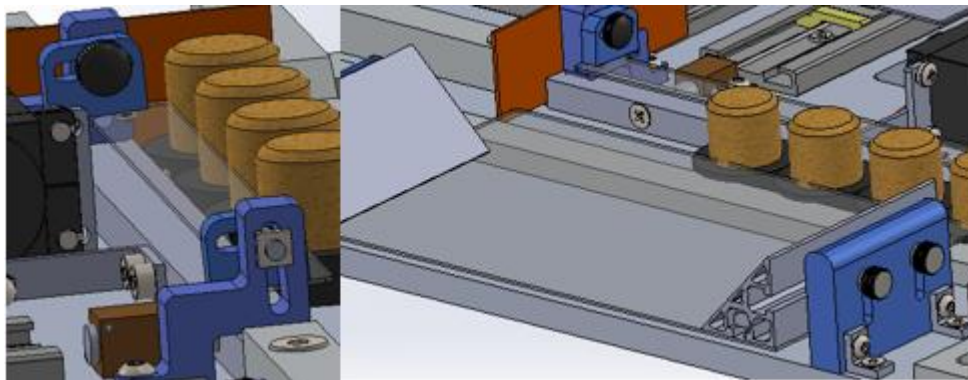
A barra contém ainda dois veios em cada lado para permitir um correto avanço, sem quaisquer desalinhamentos. Este sistema, apesar de não ser o ideal, cumpre com os requisitos, pois os ensaios iniciais foram realizados num torno de bancada quase idêntico a este tipo de estrutura (ver Figura 30).



**Figura 41-Esquema de aperto na cápsula**

#### **iv. Sistema de regulação em altura**

O sistema de regulação em altura foi pensado, para que quando haja uma quebra total da rolha, esta não tenha tendência a cair na calha, mas sim para a chapa em acrílico (ver Figura 42), de forma a evitar possíveis encravamentos. Para isso foi projetado para os dois lados, um sistema que permite regulação em altura e em profundidade, dependendo do diâmetro das rolhas capsuladas, dando ainda para controlar a inclinação, de modo que qualquer tipo de resíduo que caia para estas chapas deslize para a retaguarda, evitando assim deste modo, possíveis encravamentos. O operador terá de fazer a regulação quando se muda de lote de rolhas capsuladas (ver Figura 42).

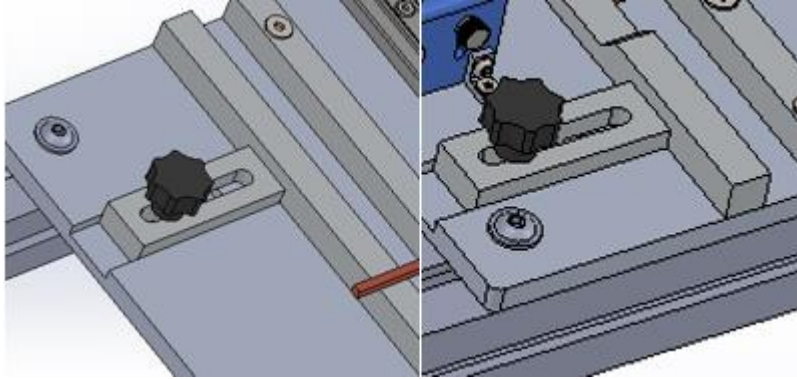


**Figura 42-Regulação em altura**

#### **v. Guias reguláveis**

As guias reguláveis são um sistema simples e eficaz para a regulação do diâmetro das cápsulas. Sempre que ocorra uma mudança de lote de rolhas capsuladas a ensaiar, o operador deve regular

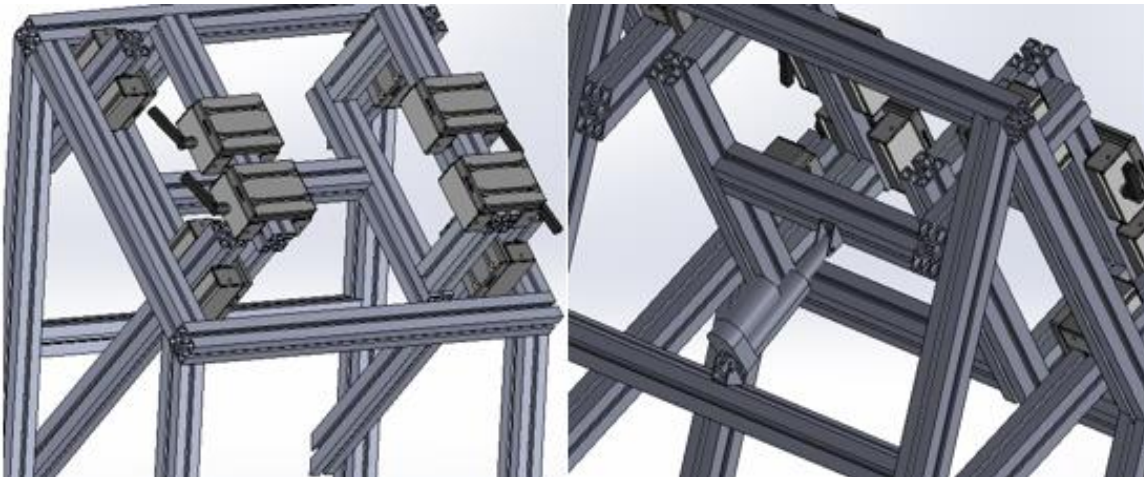
este sistema, utilizando dois parafusos para o aperto desta, conforme se verifica na Figura 43. Para evitar desalinhamentos ao longo desta, existem duas caixas rasgadas na mesa onde se faz o aperto, deslizando ordenadamente sobre a caixa.



**Figura 43-Guias reguláveis**

### 3.5.3. Estrutura suporte dos atuadores lineares elétricos

Para que as rolhas capsuladas sejam testadas, é necessário recorrer a um conjunto de quatro atuadores lineares elétricos. Desta forma assim foi projetada uma estrutura capaz de se movimentar em altura, para que se possa regular os atuadores, visto existir lotes a ensaiar com alturas de rolha e cápsula variadas (ver Figura 44).



**Figura 44-Estrutura suporte dos atuadores**

A estrutura que suporta os atuadores é composta por quatro barras de perfil 45×45 aparafusadas na vertical em relação à estrutura principal (ver Figura 36), na qual sobre estas, vão deslizar quatro carruagens livres<sup>8</sup> que estão fixas a uma outra estrutura que irá suportar as carruagens de manípulo para a fixação dos atuadores. Nessa mesma estrutura, ainda está acoplado um atuador linear elétrico (ver Figura 44), para fazer o respetivo movimento ascendente/descendente automaticamente. As quatro carruagens de manípulo (permitem o bloqueio ao perfil através de um sistema porca/parafuso) servem para fixar os atuadores lineares elétricos e permitir o deslizamento ao longo do perfil (perfil contém calhas para fácil deslizamento deste género de dispositivos), sendo assim possível ajustar os atuadores consoante a dimensão das rolas capsuladas.

Para a regulação em altura da estrutura foi selecionado um atuador elétrico de baixa velocidade e com elevado binário, para que seja fácil de utilizar e com maior precisão. Também poderia ter sido escolhido um sistema de parafuso sem fim com uma alavanca, mas requeria mais peças e teria um custo mais elevado que este.

#### **3.5.4. Sistema de funcionamento dos atuadores lineares elétricos**

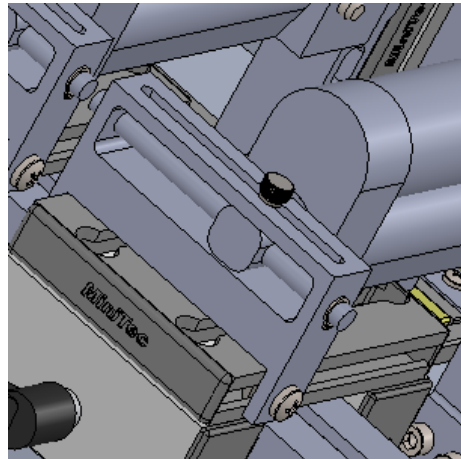
Para acoplar os atuadores elétricos às carruagens foi necessário projetar uma peça para o aperto dos mesmos, assim como projetar duas peças para a fixação das células de carga aos atuadores.

##### **i. Cassete de aperto dos atuadores lineares elétricos**

Esta peça é fixada às carruagens por um sistema de porca/parafuso, sendo ajustável em todo o comprimento da mesma. Contém ainda um veio onde vai deslizar o atuador e onde é feito o devido aperto através de um parafuso, assim é possível ter dois ajustes, conforme se pode ver na Figura 45.

---

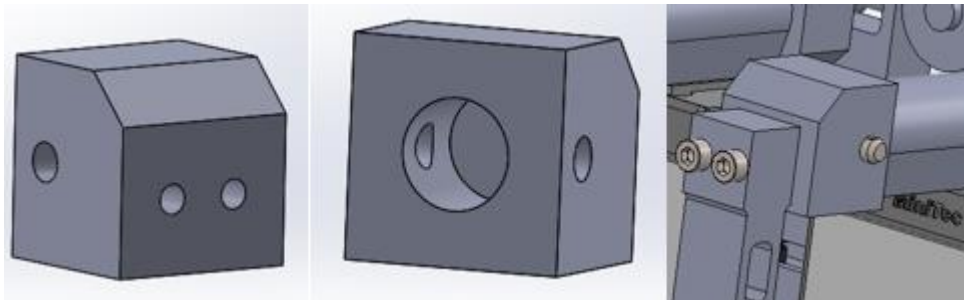
<sup>8</sup> Carruagens livres: deslizam ao longo dos perfis 45x45



**Figura 45-Cassete de aperto do atuador**

**ii. Cubo de acoplamento atuador/célula de carga**

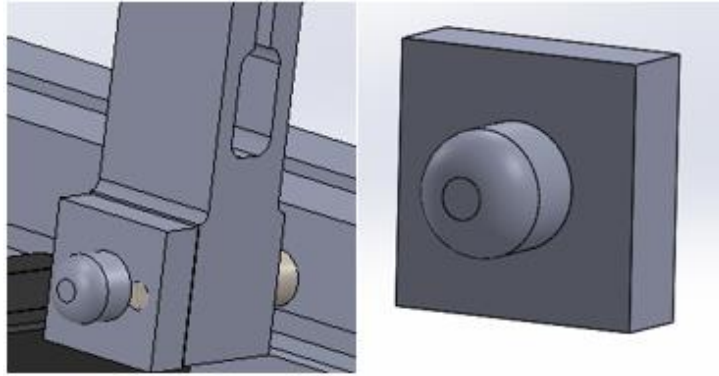
Serve essencialmente para fazer a ligação do atuador linear elétrico à célula de carga (Figura 46).



**Figura 46-Cubo de acoplamento**

**iii. Ponteira de medição fixa à célula de carga**

Tal como a peça anterior, esta tem a função de ligar à célula de carga e acima de tudo fazer o encosto à rolha a ensaiar, daí a superfície ter um formato bem arredondado na ponta para que a deformação causada na cortiça seja mínima (Figura 47).



**Figura 47-Ponteira de medição**

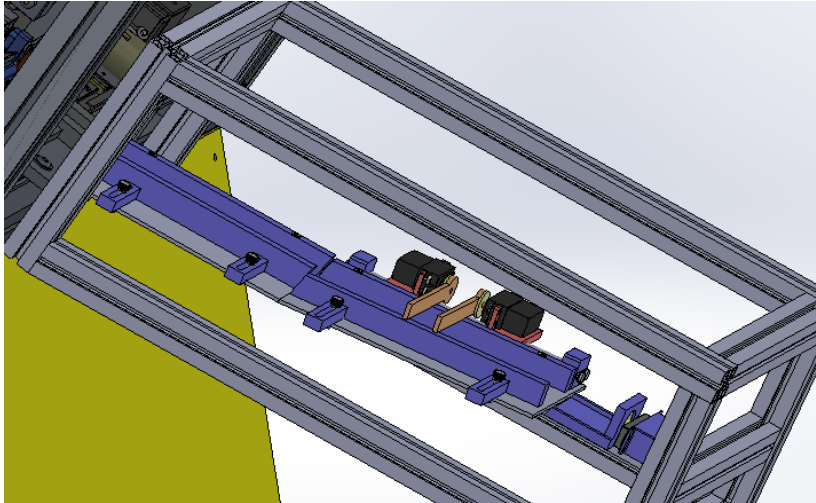
Os atuadores lineares elétricos vão operar após as quatro rolhas caírem para a calha de ensaio. Neste local vão pressionar a rolha até o valor inserido pelo operador no programa. Caso uma rolha ceda antes do valor inserido, estes vão recolher para o ponto inicial.

#### **3.5.5. Sistema de seleção de rolhas conformes e não conformes**

O sistema original de seleção de rolhas conformes e não conformes foi totalmente alterado, pois o que tinha sido projetado provavelmente na prática não iria funcionar corretamente. Conforme referido (secção 3.4.4), este teria um modo de funcionamento através de um seletor inserido numa caixa logo à seguir à calha e possivelmente com a velocidade das rolhas capsuladas não teria tempo de se movimentar, gerando possíveis encravamentos no sistema.

O sistema revisto, e que se propõe neste projeto, conta com um mecanismo idêntico ao projetado para o ensaio das rolhas (secção 3.5.2). Contém um sistema de guias reguláveis, dois servomotores para o controlo e um servomotor para a seleção (ver Figura 48).





**Figura 48-Sistema de seleção de rolhas**

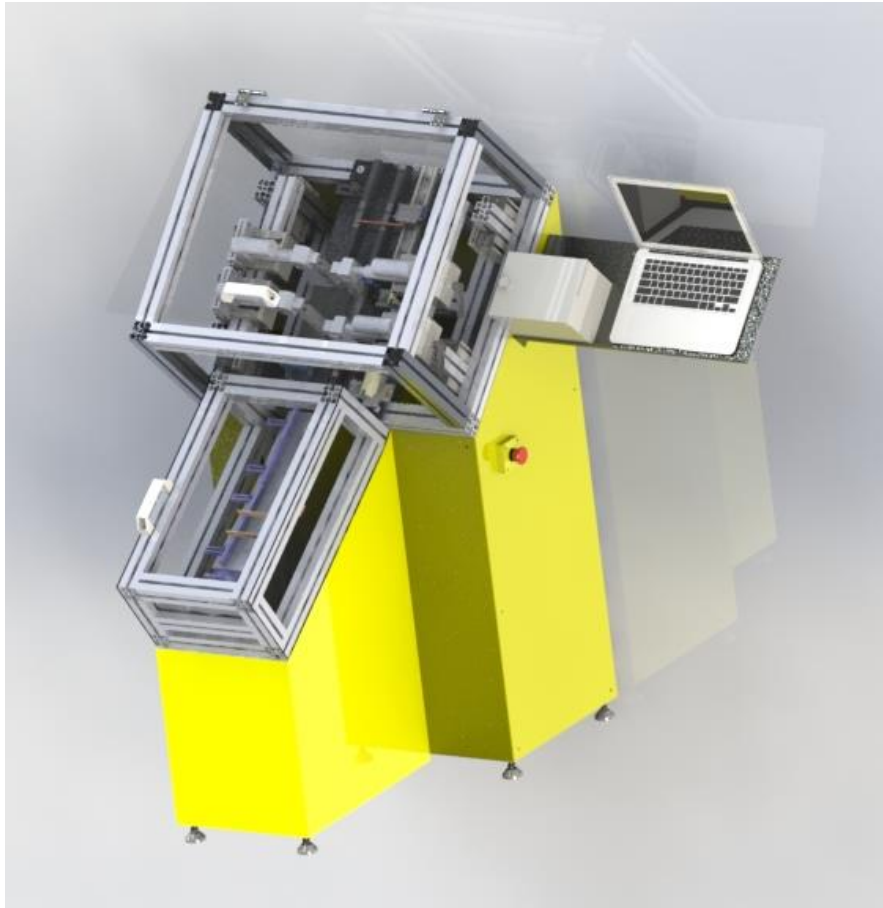
Os dois servomotores de controlo servem para que apenas se movimente uma rolha capsulada de cada vez para a zona de seleção, por sua vez o servomotor de seleção recebe a informação vinda da medição das células de carga para fazer o seu respetivo ciclo de seleção de rolhas, conformes ou não conformes.

Garantindo uma rolha de cada vez para o seletor, pode-se prever um ciclo mais moroso, mas tendo a garantia que o sistema não encrava. De realçar que a contagem das quatro rolhas é feita, com sensores óticos, logo a seguir ao ensaio.

### **3.5.6. Estrutura final**

O protótipo foi totalmente desenhado em CAD, pelo que no final deverá apresentar a configuração visível na Figura 49. De referir que, para se poderem ensaiar os vários lotes de rolhas capsuladas deve-se aplicar um alimentador, que pode ser do tipo vibratório, à entrada das calhas do protótipo.





**Figura 49-Representação da configuração final do protótipo**

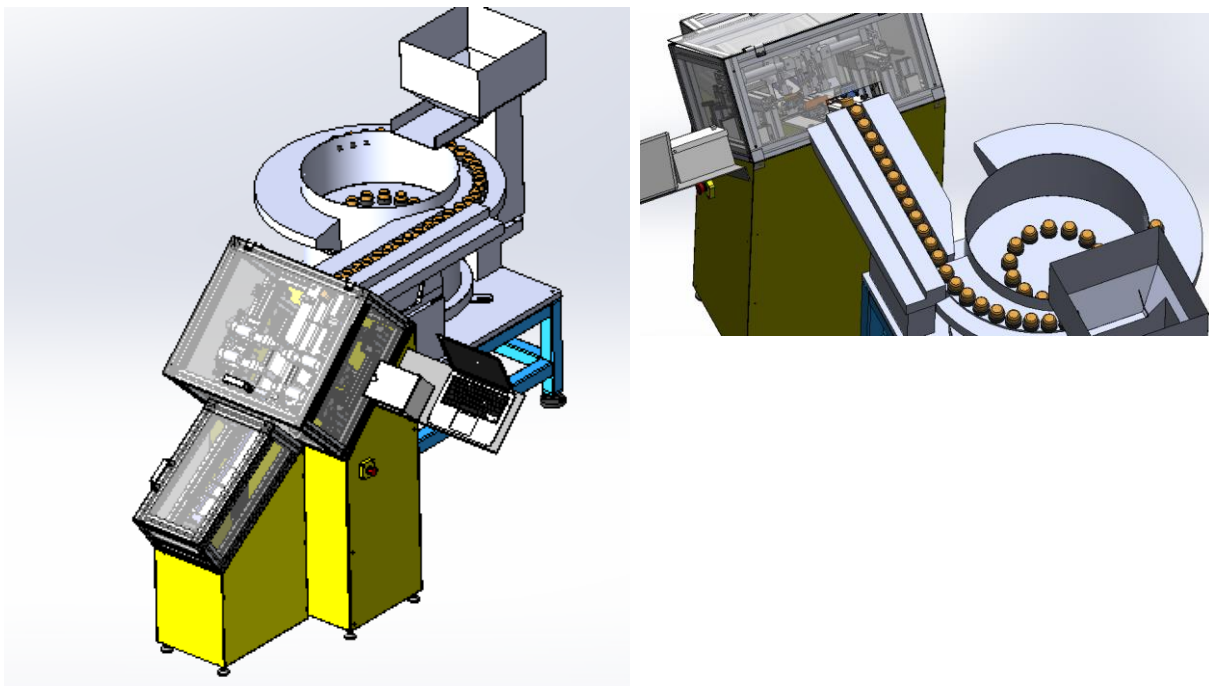
#### **3.5.7. Alimentadores vibratórios**

Os alimentadores vibratórios (ver Figura 50) são um tipo de equipamento constituído por uma plataforma vibratória e um conjunto de calhas. Quando se despeja um lote de rolhas capsuladas, este equipamento vibra, fazendo com que as rolhas se “componham” de modo à cápsula ficar paralela à plataforma, sendo que devido à sua configuração vibratória, estas tendem a deslocar-se para o conjunto de calhas até serem encaminhadas para onde se pretende. Caso alguma rolha capsulada esteja numa posição errada, existe um dispositivo no topo das calhas que as devolve à plataforma até ficarem na devida posição.



**Figura 50-Alimentador vibratório (TAD VIBRATORY TECHNOLOGY, 2016)**

Neste caso, quando a empresa J.A. Beira, Lda. receber este protótipo, terá de recorrer a um equipamento destes para que o protótipo possa fazer os ensaios. A Figura 51 mostra um *layout* possível para o equipamento, com inclusão do alimentador vibratório.



**Figura 51-Alimentação das rolhas capsuladas no protótipo**

### 3.6. Modo operacional do protótipo

Inicialmente foi referido que o equipamento iria ser controlado através de um autómato programável, contudo esta opção acabaria por ter um maior custo, visto ser necessário adquirir licenças para o respetivo *software*. Desse modo ficou decidido desenvolver um sistema baseado em programação Arduino, que é atualmente muito utilizada, fácil de programar e com um custo inferior quando comparada com autómatos programáveis. Para um protótipo inicial, em fase de testes, esta opção cumpre com os requisitos do projeto.

A placa Arduino depois de programada, apenas necessita de um dispositivo periférico para a comunicação máquina-utilizador. Neste caso a comunicação pode ser executada através de uma aplicação do género *Android* ou outro equivalente. Para isso é necessário recorrer a programação para se projetar uma aplicação. Porém existe uma via mais simples, basta apenas programar uma aplicação em C++<sup>9</sup> no *Visual Basic*<sup>10</sup> e conectar via *Bluetooth* ou por cabo com a placa Arduino, sendo apenas necessário um computador.

Os componentes imprescindíveis a programar eletronicamente serão os quatro atuadores lineares elétricos, cinco servomotores e dois motores DC. Antes de qualquer tipo de programação é necessário fazer um fluxograma para perceber quais os ciclos operacionais de cada componente, que se apresenta de seguida.

#### 3.6.1. Fluxograma

Um fluxograma é considerado uma representação esquemática, de forma a sequenciar operacionalmente o desenvolvimento de um processo. Neste caso representa uma sequência de operações que o programa informático irá processar através da placa Arduino. Desta maneira é possível tornar este processo mais simples de compreender. Para o programador um fluxograma é fundamental para a racionalização do trabalho, permitindo assim uma melhor compreensão e

---

<sup>9</sup> C++ – Tipo de linguagem utilizada em programação

<sup>10</sup> *Visual Basic* – *Software* para programar em linguagem C++

otimização nos processos a desenvolver. A figura 52 mostra o fluxograma desenvolvido para este projeto.

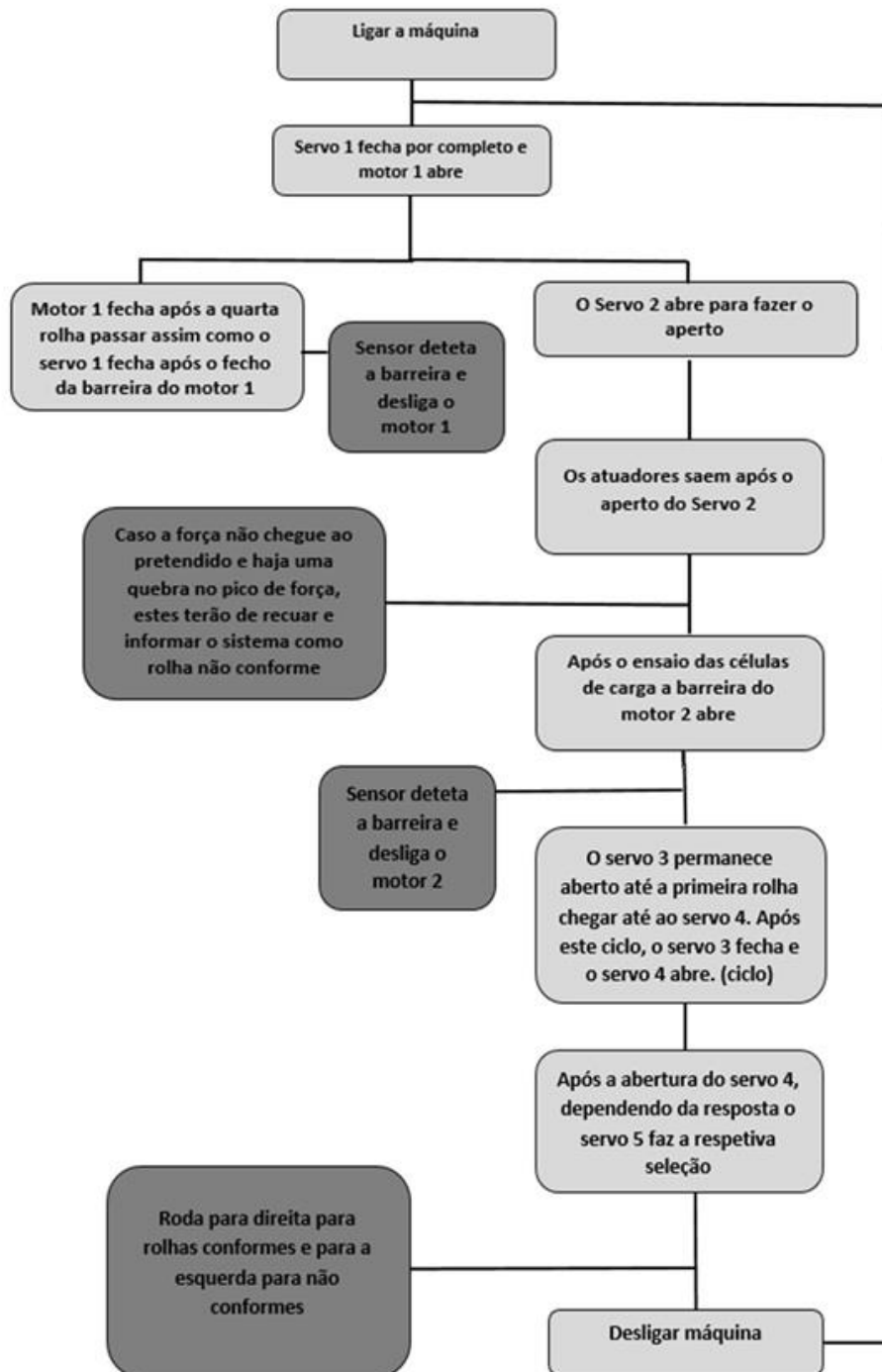


Figura 52-Fluxograma

A cronologia da numeração dos componentes segue por ordem de entrada das rolhas até à extração, conforme a Figura 53 ilustra.

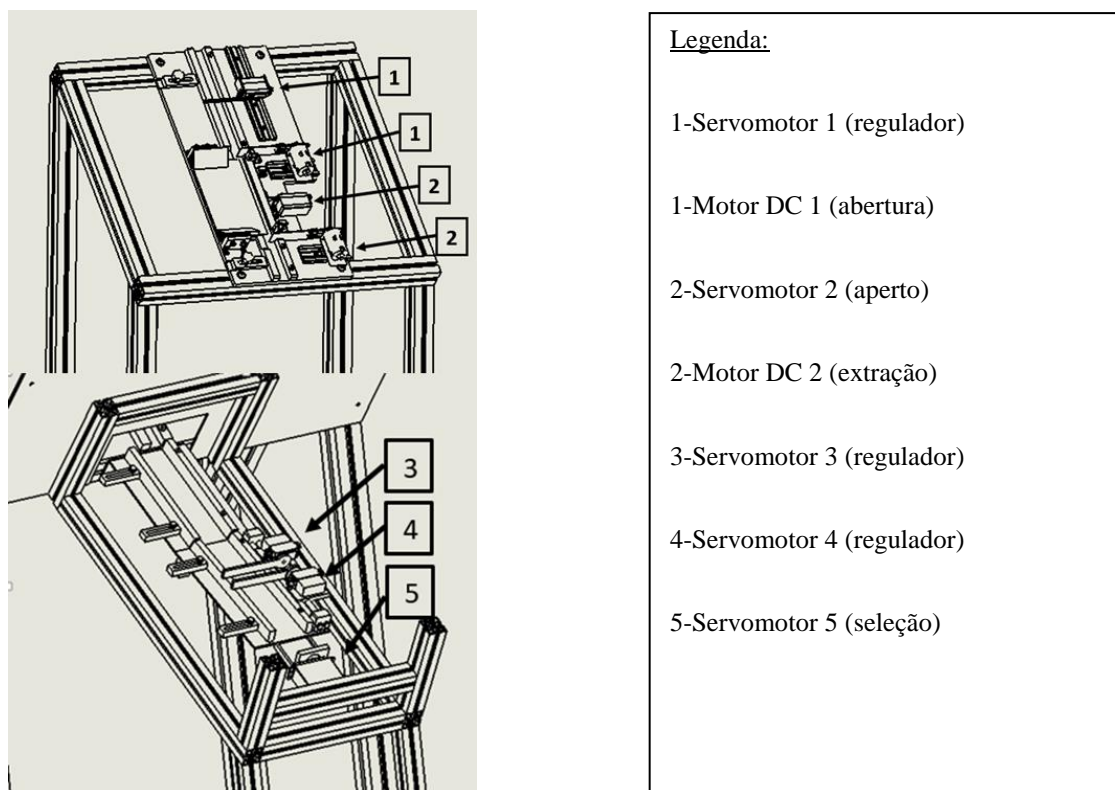


Figura 53-Ordem cronológica dos componentes

### 3.6.2. Descrição do modo de operação

O modo de operação segue o alinhamento que se descreve. O **Servo 1** fecha a cancela e nesse instante o **Motor 1** abre, as 4 rolhas capsuladas caem até embater na cancela do **Motor 2**, nesse momento o **Servo 2** faz o aperto nas rolhas capsuladas e os **4 Atuadores** saem para começar a fazer a medição de força através das **Células de carga**. Após o ensaio o **Motor 2** abre a cancela e fecha aquando a passagem da última rolha. (Ciclo repete-se)

No sistema de seleção, após a queda das 4 rolhas na zona de ensaio, o **Servo 3** mantém a cancela levantada e o **Servo 4** a cancela fechada. Após a primeira rolha capsulada embater na cancela do **Servo 4**, esta levanta e em simultâneo o **Servo 3** fecha, de modo a que se faça a passagem de uma rolha de cada vez.

O **Servo 5** faz a seleção das rolhas capsuladas dependendo da leitura das células de carga.

**Considerações:**

- As rolhas capsuladas devem entrar na calha para que operador possa regular o **Servo 1** para a dimensão (diâmetro) correta do lote de rolhas capsuladas a ensaiar. De igual modo, no sistema de seleção a regulação é efetuada da mesma forma;
- Após a quarta rolha capsulada passar pela barreira do **Motor 1**, esta fecha, de modo que o **Servo 1** possa seleccionar mais 4 rolhas. Este processo tem de ocorrer no momento do ensaio das rolhas;
- Os **Motores 1 e 2** contêm um controlo de paragem através de **Sensores óticos**;
- O **Servo 2** terá de estar a fazer força até à leitura completa das **Células de carga**;
- As **Células de carga** farão a leitura consoante a força indicada pelo operador;
- Os **Sensores óticos** instalados após a barreira do **Motor 2** farão a contagem das rolhas;

**3.7. Componentes eletrónicos**

Atualmente os componentes eletrónicos estão muito presentes na construção de equipamentos mecânicos e a tendência é que o número destes componentes aumente cada vez mais. Tal deve-se ao facto de se conseguir um melhor controlo dos equipamentos, através da programação, conseguindo-se assim uma melhor performance, ao invés de sistemas puramente mecânicos.

Contabilizando apenas os componentes de trabalho, o protótipo desenvolvido conta no total com cinco atuadores lineares elétricos (quatro para fazer ensaio e um para regular a subida e descida da estrutura), cinco servomotores e dois motores DC. Associados a estes existem ainda sensores para o controlo, as placas eletrónicas para fazer conexão dos atuadores e dos motores DC à placa Arduino, um botão ON/OFF, um botão de emergência e por fim um botão de controlo do atuador de regulação em altura.

### 3.7.1. Características e ligações dos componentes

#### i. Placa Arduino

Conforme referido anteriormente, o processador escolhido para a programação de todo o sistema foi uma placa Arduino Due (ver Figura 54). A escolha deveu-se ao facto de conter uma grande quantidade de entradas analógicas e digitais, possibilitando um maior número de ligações, sem ter de recorrer a placas exteriores para a ligação de outros componentes. O problema das placas Arduino é que só funcionam até uma gama de 5 V, o que impossibilita a ligação de dispositivos com uma maior tensão elétrica, como é o caso dos atuadores lineares elétricos que trabalham a 24 V e os motores DC que necessitam de 12 V. Para resolver este pormenor é necessário a inserção de placas específicas para fazer a respetiva conexão (especificações em Anexo, secção 8.2.8).



Figura 54-Arduino Due

#### ii. Placa Cytron e ligação aos atuadores

A placa *Cytron 10A* (Figura 55) é uma placa eletrónica que serve basicamente para fazer a ligação entre os atuadores lineares elétricos e a placa Arduino. Caracteriza-se por ser uma placa do tipo *Motor Driver Shield*, que tem como função o controlo de velocidade e direção de motores e ao mesmo tempo contém um conjunto de relés para permitir a ligação à placa Arduino de um dispositivo com maior tensão elétrica. A placa *Cytron 10A* foi escolhida por trabalhar numa gama de 7 a 30 V e uma intensidade de corrente até 10 A, sendo conectada a uma fonte de alimentação. Como os atuadores lineares elétricos trabalham numa gama até 24 V, consegue-se assim a ligação destes à placa Arduino.

Como se pode ver através da Figura 55, esta placa tem um conjunto de pinos que se ligam diretamente às entradas da placa Arduino. Podem-se também empilhar umas por cima das outras. É de referir que uma placa só controla um componente.

Os atuadores lineares elétricos escolhidos foram os DLA 24-30-A-50-IP65 (figura 55), pois têm um curso máximo de 50 mm que é o pretendido, uma velocidade de avanço até 10 mm/s e até 1500 N de força estática (especificações em Anexo, secção 8.2.8 e 8.2.4).



**Figura 55-Cytron 10A Motor Driver Shield e Atuador DLA**

### iii. Placa *Pololu* e ligação aos motores DC (corrente contínua)

A placa *Pololu* DRV8835 (Figura 56) consiste numa placa eletrónica externa para a comunicação de motores com a placa Arduino. Esta placa diferencia-se da anterior por funcionar numa gama de tensão elétrica inferior. É indicada para motores DC (Figura 56) de escovas e opera numa gama até 12 V e uma intensidade de corrente até 1,2 A. Como num projeto o custo é sempre um dos fatores preponderantes, era desnecessário estar a utilizar placas de maiores dimensões e sobredimensionadas para os motores DC utilizados, pelo que se optou por este tipo de placas para o controlo dos motores. Tal como nas anteriores, também precisa de uma fonte de alimentação e contém uma série de pinos para ligar à placa Arduino (ver Figura 56) e permite um empilhamento das mesmas, de forma a trabalhar com vários componentes.



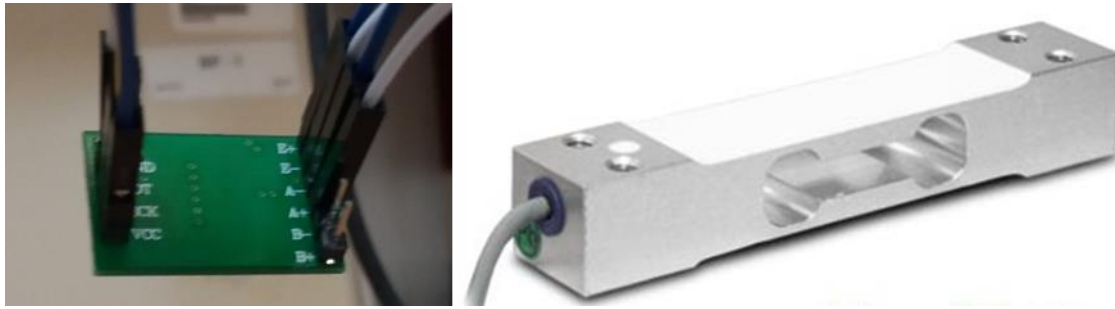


**Figura 56-Placa Pololu DRV8835 ligada sobre uma placa Arduino e um motor DC RE540**

Os motores DC RE 540 LN foram os selecionados, pois atingem velocidades até 6000 rpm, permitindo uma abertura e fecho rápido das cancelas (especificações em Anexo, secção 8.2.1 e 8.2.2).

#### **iv. Placa de ligação às células de carga**

Para a quantificação da força foram selecionadas células de carga SPO 30. Estas células de carga funcionam à flexão, sendo constituídas por uma estrutura mecânica do tipo “viga em balanço”. São instrumentadas com extensometria elétrica por resistência, havendo por isso necessidade de desenvolver a programação necessária para converter a deformação na estrutura num sinal elétrico proveniente dos extensómetros, e por seu lado converter esse sinal de modo calibrado num quantificação de força, objetivo final da medição. Para serem utilizadas é necessário um componente adicional e um programa para fazer a leitura de dados. Para isso, recorreu-se a umas placas, com um custo aceitável, sendo necessário em seguida procurar uma programação compatível com as mesmas para introdução na placa Arduino e fazer a respetiva configuração (especificações em Anexo, secção 8.2.7).



**Figura 57-Placa para as células de carga SPO30**

#### **v. Servomotores**

Os servomotores selecionados foram os HS-485HB e HS-805BB (Figura 58). O primeiro é caracterizado por ser mais rápido que o segundo, sendo o seu binário menor devido à desmultiplicação de engrenagens. Ambos permitem uma rotação máxima de  $200^\circ$ , não sendo do tipo “multivoltas”, o que proporciona um melhor controle na programação. Estes não necessitam de qualquer tipo de controle externo, pois funcionam até uma gama de 5 V, o que leva a que possam ser ligados diretamente à placa Arduino. Deste modo basta inserir um programa no Arduino para os colocar a funcionar (especificações em Anexo, secção 8.2.5 e 8.2.6).

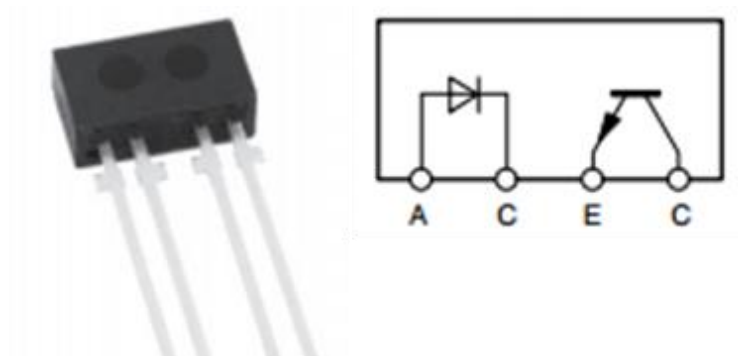


**Figura 58-Servomotor HS-485HB e HS-805BB**

#### **vi. Sensores óticos**

Os sensores óticos selecionados foram os TCRT 1000 (Figura 59). Têm uma distância de deteção de objetos de cerca de 4 mm, que os torna adequados para este projeto. Outra vantagem é a sua reduzida dimensão, o que facilita em termos de espaço a ocupar no protótipo. São ligados

diretamente à placa Arduino, mediante uma resistência elétrica. Funcionam de forma semelhante a um LED, através de um feixe infravermelho e um fototransistor. Quando o feixe infravermelho incide num corpo, este reflete para o fototransistor que o deteta, conforme a Figura 59 esquematiza (especificações em Anexo, secção 8.2.3).



**Figura 59-Sensor ótico TCRT 1000 e esquema de funcionamento**

#### **vii. Botão de emergência**

O botão de emergência (Figura 60) é um tipo de componente essencial num equipamento. A importância deste botão é tão grande que atualmente é obrigatório por lei, tal como referido na diretiva máquinas (DIRECTIVA 2006/42/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO relativa às máquinas, 2006). Quando pressionado, este componente tem como objetivo cancelar todas as operações em curso no equipamento. Neste caso o botão de emergência irá estar programado, na placa Arduino, de tal forma que, quando acionado cancele todas as operações cíclicas efetuadas.



**Figura 60-Botão de emergência**

### 3.7.2. Esquema da ligação eletrónica

O projeto referente aos componentes eletrónicos encontra-se atualmente em fase de construção, visto que o protótipo se encontra em ensaios, não tendo por isso um esquema eletrónico definitivo. Assim, o esquema apresentado (Figura 61) ainda é provisório, não contendo toda a informação.

As letras “S” significam os servomotores (ver secção 3.6.1), a “M”, motores DC e a “A”, Atuadores. Como se pode observar na Figura 61, os servomotores estão ligados diretamente às entradas digitais da placa Arduino, já os motores DC estão ligados à placa Pololu DRV8835, sendo esta depois ligada às entradas digitais da placa Arduino, assim o mesmo se passa com o Atuador, que primeiramente é ligado à placa Cytron MD10 e só depois faz a conexão com as entradas digitais da placa Arduino, sendo que tanto a placa Pololu DRV8835 como a placa Cytron MD10, têm de ser alimentadas por uma fonte elétrica externa. A célula de carga é também ligada diretamente às entradas digitais da placa Arduino.

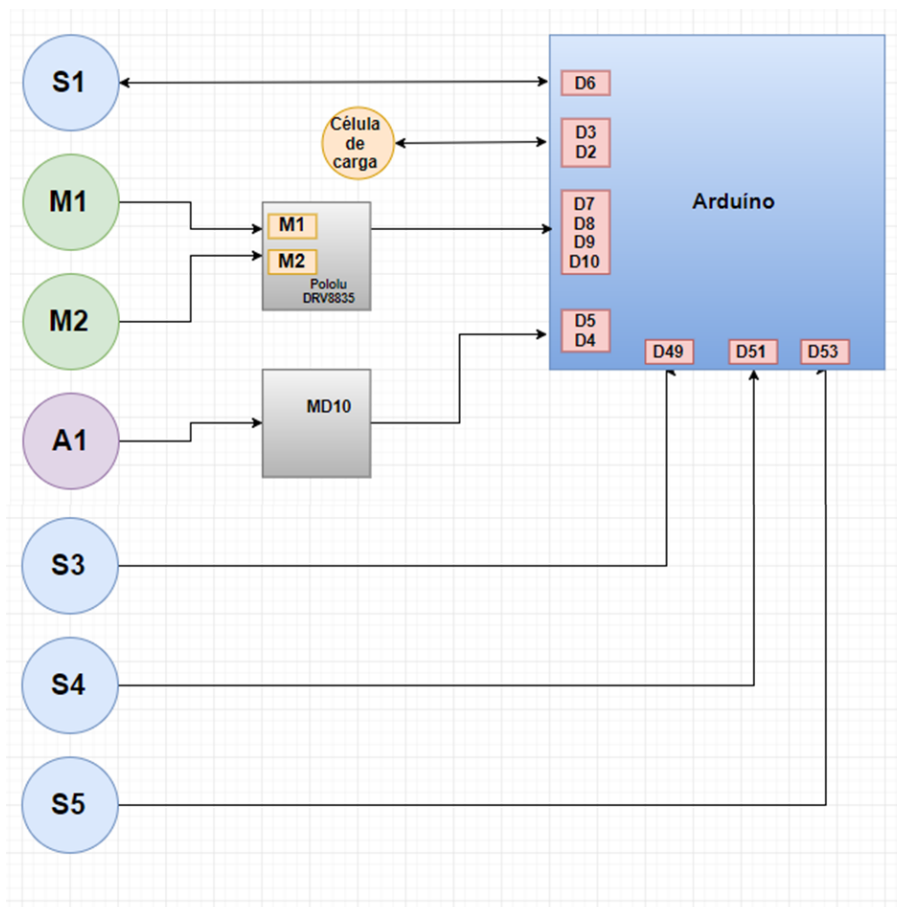


Figura 61-Esquema eletrónico provisório

## **4. Montagem do Protótipo**

O processo de montagem do protótipo é uma das etapas mais complexas deste projeto, pois é necessário adotar um procedimento exímio para que não ocorram erros de montagem. Quando o trabalho é executado em CAD todas as etapas de montagem são fáceis de manobrar, e quando ocorre algum erro, este soluciona-se no momento. Relativamente ao processo de fabrico, não se verifica essa facilidade, pois todas as peças têm de ser produzidas com um elevado nível de rigor, principalmente nos componentes de ligação que contêm furos. Um componente mal produzido pode originar diversos problemas no processo de montagem, sendo uma das maiores dificuldades, pois fica-se com um componente inutilizado, para além do tempo que se perde em refazer novas peças.

### **4.1. Material utilizado**

Os materiais a serem usados em equipamentos para a indústria alimentar têm de estar em concordância com as normas legais vigentes, ou seja, só se pode optar pelo aço inox ou ligas de alumínio. Assim, na escolha do material que irá entrar em contacto com as rolhas, teve-se em conta as restrições legais. O protótipo aqui apresentado contém apenas material de liga de alumínio da série 5000/7000 e aço inox.

#### **4.1.1. Material utilizado na estrutura principal**

Nas Tabelas 6 a 9, pode-se identificar o material usado para a constituição da estrutura principal e acessórios de ligação, sendo descrita a designação criada, assim como a quantidade de elementos necessários.

Tabela 6 - Guias e patins

Item:	Designação:	Quantidade
1	NS-01-17 Guia linear drylin® N	2 × 0,100 MT
2	NW-02-17 Patim drylin® N	2 UN
3	NS-01-40 Guia linear drylin® N	2 × 0,110 MT
4	NS-01-40 Guia linear drylin® N	0,240 MT
5	NW-01-40 Patim drylin® N	3 UN

Tabela 7 - Material usado na estrutura principal

Item:	Designação:	Quantidade:
1	Perfil de alumínio 45x45	18 MT
2	Ângulo 45 GD-Z	35 UN
3	Carruagem LWN 32x45-45	4 UN
4	Carruagem LWN 32x45-45 com manípulo de bloqueio lateral	4 UN
5	Porca M8x13 c/ mola de fixação aço zincado	20 UN
6	Dobradiça L 45/45	2 UN
7	Puxador 120 (cinza)	1 UN
8	Pé PA M08 Ø45 l=70 mm	6 UN
9	Parafuso cabeça de panela M6x20	20 UN
10	Porca M6x13 c/ mola de fixação aço zincado	20 UN
11	Ligações Power-Lock 45	20 UN
12	Ligações cruzadas	10 UN
13	Ligações angulares N45 para perfil 45	10 UN
14	Ligações Power-Lock N	10 UN
15	Ângulos de Montagem para perfil 45	16 UN
16	Parafusos cilíndricos de cabeça plana M8x16	16 UN
17	Parafusos cilíndricos de cabeça plana M8x20	16 UN
18	Parafusos cilíndricos de cabeça plana M8x25	16 UN
19	Anilhas para M8	32 UN
20	Porcas M8	30 UN
21	Porcas M8 com mola fixação	20 UN
22	Parafusos cilíndricos de cabeça plana M6x12	16 UN
23	Parafusos cilíndricos de cabeça plana M6x16	16 UN
24	Parafusos cilíndricos de cabeça plana M6x20	16 UN
25	Parafusos cilíndricos de cabeça plana M5x20	10 UN
26	Porcas M6	16 UN
27	Porcas M5	16 UN
28	Porcas M4	16 UN
29	Tampas 45x45 F	20 UN

**Tabela 8 - Componentes para motores DC e Parafusos cabeça baquelite**

<b>Item:</b>	<b>Designação:</b>	<b>Quantidade:</b>
<b>1</b>	Spur Gear BSS0.5-16A	2 UN
<b>2</b>	Brass Rack Gears RK50B2-0308	1 UN
<b>3</b>	Hex Socket Set Screws MSSF3-6	2 UN
<b>4</b>	Thumb Screws/Resin Head CRKB4-20	4 UN
<b>5</b>	ECO-BS Flat Head Knurled Screw SPNFL-BRN-M4-20	4 UN

**Tabela 9 - Material maquinado para a estrutura**

<b>Item:</b>	<b>Designação:</b>	<b>Quantidade:</b>
<b>1</b>	Mesa Suporte	1 UN
<b>2</b>	Cassete de aperto	4 UN
<b>3</b>	Barra regular	1 UN
<b>4</b>	Calha fixa	1 UN
<b>5</b>	Calha	1 UN
<b>6</b>	Veio	4 UN
<b>7</b>	Calha de aperto	1 UN
<b>8</b>	Chapa de aperto	2 UN
<b>9</b>	Cunha	2 UN
<b>10</b>	Orelha guia	2 UN

Para além dos materiais acima elencados, foram ainda utilizados outros na estrutura principal, tais como componentes eletrónicos e componentes produzidos através do fabrico aditivo em impressoras 3D do Laboratório de Biomecânica Aplicada do ISEC. Porém, faltam ainda aplicar no protótipo certos acessórios, como chapas de acrílico e chapas metálicas que irão fazer parte do revestimento exterior, fazendo cumprir a legislação em vigor quanto à proteção de elementos móveis (DIRECTIVA 2006/42/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO relativa às máquinas, 2006). A Tabela 10 descreve os elementos produzidos por fabrico aditivo e a Tabela 11 os componentes eletrónicos para a estrutura principal.

**Tabela 10 - Peças protótipadas**

<b>Item:</b>	<b>Designação:</b>	<b>Quantidade:</b>
<b>1</b>	Cancela	3 UN
<b>2</b>	Suportes para Servomotores	2 UN
<b>3</b>	Suportes para os Motores DC	2 UN
<b>4</b>	Peças para as regulações em altura	10 UN
<b>5</b>	Peças de ligação às cremalheiras	2 UN

**Tabela 11 - Componentes eletrónicos para a estrutura principal**

<b>Item:</b>	<b>Designação:</b>	<b>Quantidade:</b>
<b>1</b>	SHIELD-MD10 - 10A DC Motor Driver Arduino Shield	1 UN
<b>2</b>	Servomotor Parallax Inc 8,4 V, 180 rpm	1 UN
<b>3</b>	Load Cells SPO 30	2 UN
<b>4</b>	Motores lineares DLA-24-30-A-50-IP65	1 UN
<b>5</b>	Servo motores HS-805 BB	1 UN
<b>6</b>	Motores DC 719 RE-540 LN	2 UN
<b>7</b>	Sensores TCRT 1000	10 UN
<b>8</b>	Placa Arduino Due	1 UN
<b>9</b>	Pololu DRV8835	1 UN

## 4.2. Montagem da estrutura

O protótipo é composto por uma estrutura com barras de perfil 45×45 do tipo Minitec. Esta foi projetada para suportar todo o peso dos restantes componentes, garantindo assim uma estrutura estável e resistente. Este tipo de perfil foi selecionado devido às características próprias que possuem, pois facilitam a construção, evitando assim processos de soldadura e furação para a ligação dos mesmos, para além de que os rasgos que possuem servem também de calhas, o que proporciona a montagem de outros dispositivos para deslizar sobre as mesmas, como é o caso das carruagens.

### 4.2.1. Estrutura inicial

Inicialmente foram cortadas todas as barras da estrutura (perfil 45×45 Minitec) no serrote elétrico, de seguida procedeu-se à montagem das mesmas recorrendo a elementos de ligação



porca/parafuso, ângulos 45° e ligações do tipo *Power-Lock 45* (designação do fabricante). De referir que para as barras com corte de 45°, foi necessário fazer umas chapas para a sua fixação com as barras superiores, visto que não existiam ligações para as mesmas. A Figura 62 mostra a estrutura principal montada assim como as chapas de fixação.



**Figura 62-Estrutura principal**

#### **4.2.2. Estrutura dos atuadores lineares elétricos**

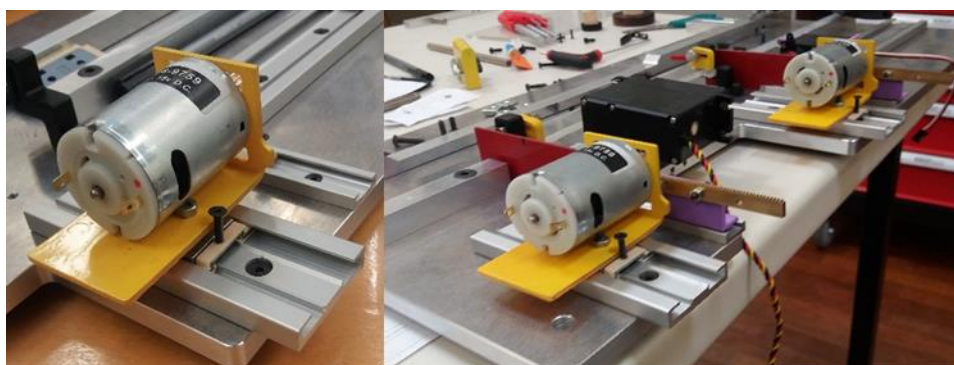
A estrutura dos atuadores lineares elétricos serve essencialmente para fazer a regulação em altura dos mesmos, sendo que, por se tratar de um sistema com quatro barras de perfil 45×45, é imperativo que estejam todas alinhadas e niveladas para que as carruagens deslizem convenientemente. Para isso, foram montadas inicialmente as quatro barras, perpendicularmente à estrutura principal, recorrendo a elementos de fixação porca/parafuso, ângulos 45°, ligações cruzadas e ainda foi necessário executar chapas para uma melhor fixação à estrutura principal. Em seguida montou-se a estrutura onde vão ser acoplados os atuadores, fazendo no fim todas as etapas de nivelção. Na Figura 63 pode-se observar a montagem dos atuadores.



**Figura 63-Estrutura dos atuadores montada sobre a estrutura principal**

#### **4.2.3. Mesa de suporte e respectivos componentes**

A mesa de suporte é um dos elementos principais na estrutura, visto tratar-se de uma componente onde vão ser inseridos todos os acessórios para o funcionamento do protótipo. Para isso foram montados todos os acessórios antes de esta se aparafusar à estrutura (Figura 64), em parte devido à facilidade de montagem das peças mais pequenas, como é o caso do sistema de barreira dos motores DC, na qual este tem de se montar com exatidão devido ao sistema pinhão/cremalheira, assim como o sistema de aperto de cápsulas e da regulação em altura que conta com peças de dimensões significativamente pequenas.



**Figura 64-Montagem dos componentes na mesa de suporte**

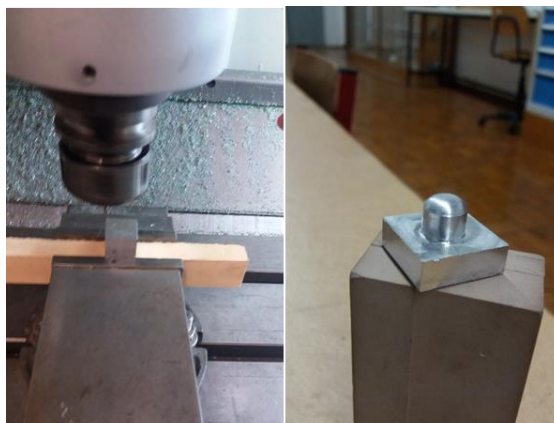
Após a conexão de todos os mecanismos à mesa de suporte, esta foi fixa à estrutura principal (Figura 65).



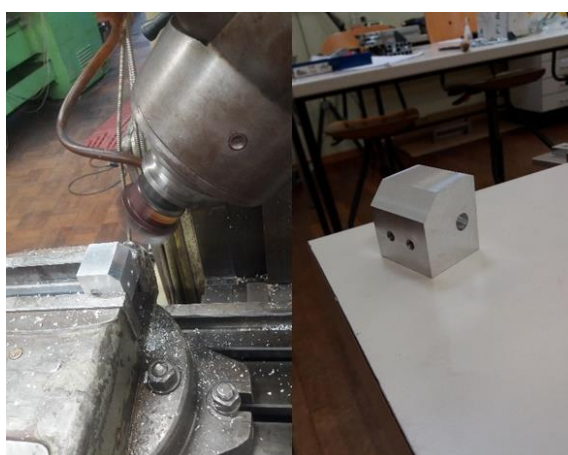
Figura 65-Mesa de suporte fixa à estrutura

#### 4.2.4. Atuadores lineares elétricos

Devido ao custo elevado dos atuadores lineares elétricos, atualmente o protótipo tem apenas um atuador instalado. Desta forma é possível realizar os primeiros testes, de forma a testar o conceito desenvolvido e averiguar se tudo corre conforme planeado. Posteriormente, só será necessário replicar o sistema e montar mais três atuadores. Para uma fase inicial de testes um só atuador cumpre com os requisitos, dessa forma este foi aparafusado à cassette, que por sua vez, se encontra fixa às carruagens. Para o elo de ligação entre o atuador e a célula de carga foi necessário executar duas peças auxiliares (secção 3.5.4). Para maquinar a peça que vai servir como ponteira de medição, foi necessário recorrer a um centro de maquinagem de 3 eixos (Fresadora) do laboratório de fabrico assistido por computador do DEM/ISEC (Figura 66) devido às suas características arredondadas. Quanto ao cubo que vai ser acoplado ao atuador, foi efetuado numa fresadora convencional do Laboratório de Tecnologia Oficinal do DEM/ISEC (Figura 67).



**Figura 66-Ponteira de medição**



**Figura 67-Cubo de acoplamento**

Após a sua execução, estas duas peças foram aparafusadas à célula de carga e ao respetivo atuador linear elétrico (Figura 68).



**Figura 68-Atuador linear elétrico com a respetiva célula de carga aconlada**

#### 4.2.5. Sistema de Seleção

Para o sistema de seleção de rolhas, foi necessário produzir novas peças (executadas por processo de fabrico aditivo), encomendar algum material eletrónico e ainda produzir uma chapa quinada de aço inox. As Tabelas 12 e 13 descrevem estes materiais complementares.

**Tabela 12 - Materiais protótipados para o sistema de seleção de rolhas capsuladas**

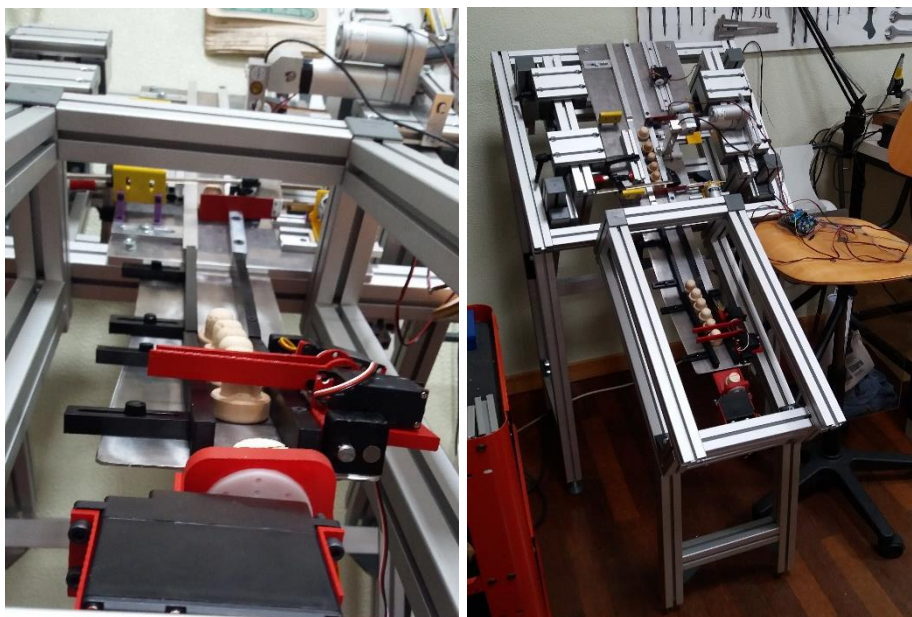
Item:	Designação:	Quantidade:
1	Cancela	2 UN
2	Suportes para Servomotores	3 UN
3	Guias ajustáveis	2 UN
4	Guias fixas	2 UN
5	Orelhas regulação	2 UN
6	Seletor	1 UN

**Tabela 13 - Material eletrónico utilizado no sistema de seleção de rolhas capsuladas**

Item:	Designação:	Quantidade:
1	Servomotor HS-805BB	1 UN
2	Servomotor HS-485HB	2 UN

Para a finalizar o protótipo foi necessário montar este último mecanismo. Nesse sentido foram produzidas as barras de perfil 45×45 necessárias e uma chapa em aço inox com a respetiva quinagem e furação. Em seguida foi necessário protótipar as guias de regulação, barreiras para os servomotores de controlo, suportes para os servomotores (os dois de controlo e um de seleção), cubos de regulação dos veios e um componente para a seleção das rolhas capsuladas. Foi ainda adquirido dois veios de 8 mm em aço inox, que posteriormente foram torneados para que estes possam ser fixos aos cubos de regulação por freios exteriores (Figura 69).





**Figura 69-Componentes do sistema de seleção de rolhas capsuladas**

De referir que ainda falta a montagem das chapas de proteção de aço e acrílico nas laterais exteriores do perfil fazendo cumprir a legislação em vigor quanto à proteção de elementos móveis (DIRECTIVA 2006/42/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO relativa às máquinas, 2006) e ainda uma chapa a meio do servomotor de seleção para que, quando as rolhas capsuladas forem viradas pelo dispositivo de seleção possam deslizar sobre uma chapa inclinada para um recipiente.

### **4.3. Ligações eletrónicas**

O mapeamento de um correto sistema de ligações eletrónicas faz com que se poupe em material, assim como torna o circuito mais “elegante” e não confuso para quem tenha que fazer uma manutenção ao sistema, tornando-se mais simples e eficaz. Nesse sentido o protótipo foi executado de forma a que os fios atravessassem todos pelas calhas do perfil, estando devidamente organizados até serem ligados na caixa da eletrónica, situada ao lado do protótipo (ver Figura 49), nessa serão ligados todos os dispositivos (Arduíno, Placas do tipo *Motor Driver Shield* e restantes componentes).

#### 4.3.1. Ligação do servomotor de controlo e motores DC 1 e 2 ao Arduino

Atualmente o protótipo está ainda em fase de testes. Assim, o sistema encontra-se desorganizado, tendo sido já testados todos os componentes elétricos, retirando um *feedback* positivo. Para se poder programar as várias etapas mencionadas no Fluxograma (ver secção 3.6.1), foi necessário fazer a ligação de cada dispositivo separadamente e ensaiados de cada vez. Inicialmente fez-se a ligação ao Arduino do servomotor de controlo e dos motores DC 1 e 2 (ver Figura 70) sendo que para os motores DC, foi necessário a ligação destes à placa Pololu DRV8835 e esta ligada a uma fonte de alimentação (ver secção 3.7.1), e executaram-se os ensaios até obter os parâmetros pretendidos (tempo dos ciclos/Tensão de corrente). A figura 70 demonstra as ligações dos motores DC e do servomotor ao Arduino.

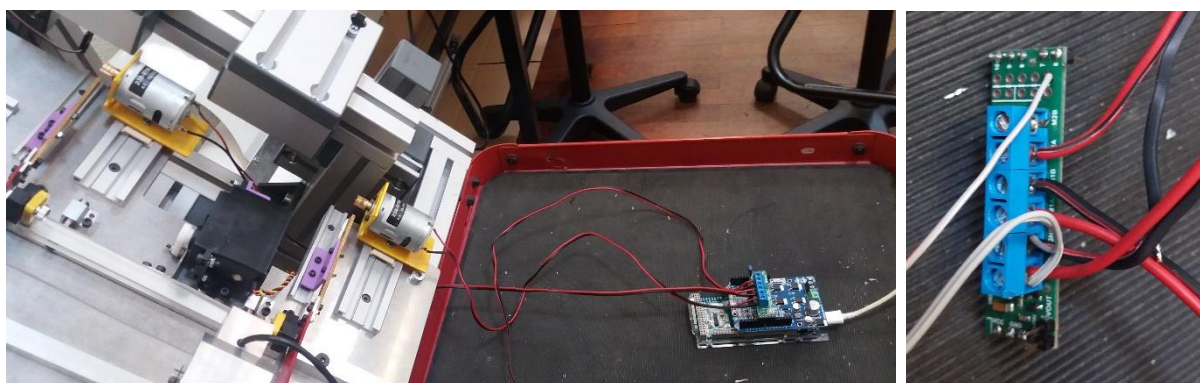


Figura 70-Ligação eletrónica do servo motor de controlo e motores DC 1 e 2

#### 4.3.2. Ligação dos atuadores lineares elétricos e células de carga ao Arduino

Em seguida testou-se o atuador linear e a célula de carga (ver Figura 71), sendo que o sistema de aperto (ver secção 3.5.2) falhou eletronicamente (Falta de binário) e desse modo foi necessário remover o mesmo e para o aperto recorreu-se a grampos para fazer compressão às rolhas capsuladas a ensaiar (ver Figura 71). Nesse sentido inseriu-se a restrição em que o atuador não deva avançar mais quando a célula de carga registar a força de 100 N. O ensaio correu como previsto, visto que o atuador recua após a força máxima de 100 N na rolha, fazendo isto num intervalo de dois segundos. De realçar que a cortiça não ficou “amolgada” tal como se requeria.

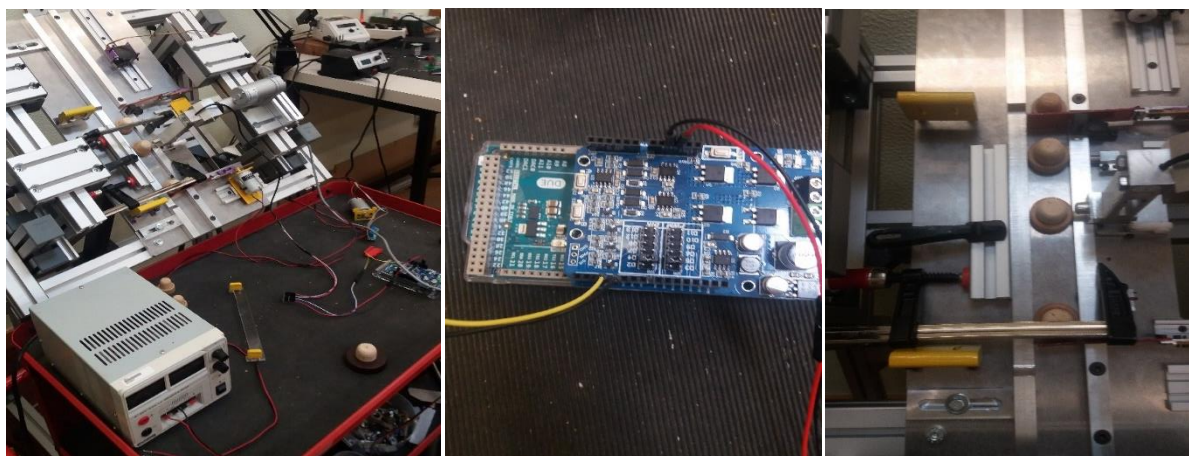


Figura 71-Ligação eletrónica dos atuadores lineares e respetiva célula de carga

#### 4.3.3. Ligação dos servomotores do sistema de seleção à placa Arduino

Este sistema é relativamente mais “simples” no que diz respeito à sua programação, para além de os servomotores ligarem diretamente à placa Arduino (tendo um fio de controlo, um para a alimentação à placa e outro neutro), têm apenas que garantir a passagem de uma rolha capsulada de cada vez (servomotor 3 e 4 – ver secção 3.6.1) e o último servomotor realizar a “manobra” de virar o seletor para a esquerda (rolhas capsuladas conformes) e direita (rolhas capsuladas não conformes). Referir por último que este sistema apenas foi ensaiado manualmente, não tendo sido ligado à placa Arduino, mas o teste foi positivo quanto ao escoamento das rolhas capsuladas, como se pode ver na Figura 72 a cronologia da mesma.

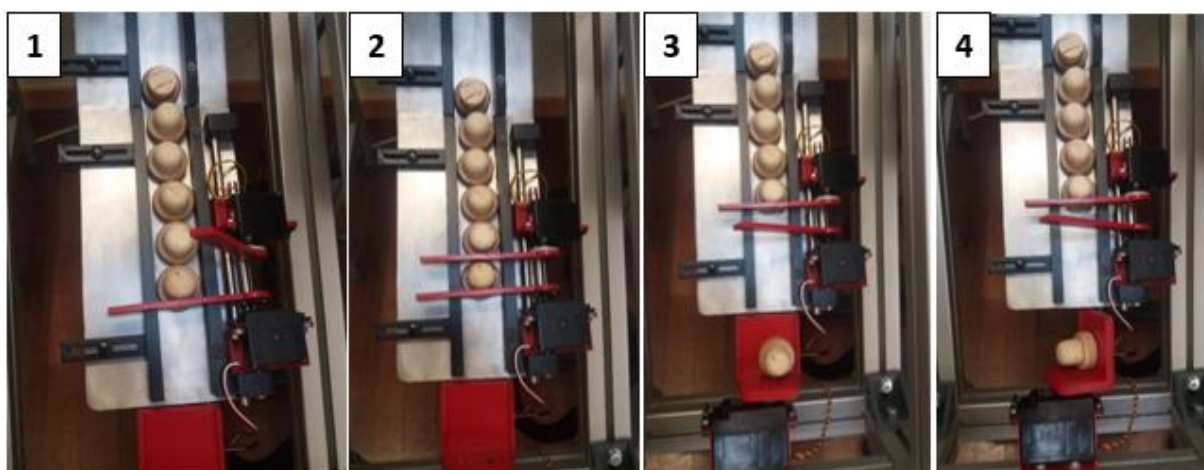


Figura 72-Modo operacional do sistema de seleção de rolhas capsuladas



## 5. Desenvolvimentos Futuros

Este protótipo é um equipamento com características inovadoras e inexistente no mercado, que ao longo do tempo vai sofrendo várias alterações, inclusive nas peças projetadas, pois estas poderão não estar a cumprir com as funções para as quais foram concebidas, sendo necessário melhorar todos os pormenores.

Um dos melhoramentos futuros a apontar será o de trocar o servomotor que faz o aperto das cápsulas por um atuador linear elétrico, isto porque apesar do binário do servomotor cumprir em termos de cálculo, existem certos fatores reais que prejudicam a sua performance, e nesse caso o binário produzido por um atuador é maior que um servomotor, fazendo com que este aperto seja garantido.

Outro aspeto significativo do protótipo atual é o elevado número de ajustes manuais prévios que o operador tem que realizar sempre que se faz uma troca de lote de rolhas capsuladas a serem ensaiadas. Numa empresa, quanto menor forem as perdas de tempo melhor será a nível financeiro, portanto nesse caso, aquando de uma atualização deste protótipo deveria ser pensado automatizar todos os processos efetuados manualmente.

Por fim, a placa Arduino não se pode considerar um processador industrial e nesse âmbito deverá ser trocado por um autómato programável (ou algo equiparado) para uma melhor resistência do protótipo.



## 6. Conclusão/Discussão

O projeto de um protótipo funcional nem sempre decorre como idealizado inicialmente, pois existem inúmeros fatores ao longo do desenvolvimento que fazem a diferença. Antes de se desenvolver um projeto inicial de CAD é sempre necessário recorrer a várias pesquisas teóricas. Neste caso foi preciso estudar os processos associados à cortiça e estar familiarizado com o assunto para se poder desenvolver algo em concreto. Também para se desenvolver um projeto é sempre necessário conceber algo que faça a diferença.

Neste projeto a necessidade centrou-se na falta de um equipamento que pudesse testar rolhas capsuladas e seleccioná-las de forma a otimizar tempos de ensaio e garantir a qualidade nos lotes fornecidos ao consumidor final. A ideia inicial sempre foi elaborar um equipamento que colmatasse essa lacuna existente na indústria com um preço de desenvolvimento relativamente baixo. Desse modo, optou-se pela modificação de um protótipo já elaborado em CAD e tentar torná-lo operacional. Foi nessas etapas que o projeto foi focado, de forma a prever possíveis problemas na construção do protótipo no programa CAD. Quem trabalha diariamente em projetos de equipamentos sabe que é uma tarefa que nem sempre corre como é inicialmente idealizada e que por vezes é necessário fazer inúmeras alterações.

Na construção estrutural do protótipo foram perceptíveis esses pequenos “desaires”, visto que se procedeu à construção de novas peças para a ligação das barras de perfil, ao projeto de chapas para fazer a ligação aos perfis inclinados a 45°. Muitos dos componentes tiveram de ser prototipados em impressoras 3D do Laboratório de Biomecânica do DEM/ISEC para diminuir os custos de produção, pois caso se optasse por encomendar chapas de aço inox a empresas de corte a laser os preços iriam ser exorbitantes. Ao longo do processo de projetar e pedir cotações de material constatou-se que quase sempre é necessário fazer alterações ao projeto inicial, de maneira que o orçamento disponibilizado seja cumprido sem pôr em causa a garantia de um bom projeto, e é aqui neste aspeto que se faz a engenharia. Também cabe a quem projeta em CAD simplificar sempre as peças que reproduz, de forma a não encarecer o projeto em custos de maquinação de material, ou então encarecê-lo por não adaptar ao projeto peças padrão já existentes no mercado.

Um das críticas a fazer a este projeto centra-se essencialmente na falta de informação de pormenores técnicos, pois apesar de o projeto ser em parceria com a empresa J. A. Beira, Lda. nunca foi possível estar em contacto com a mesma e nesse caso o projeto foi construído em suposições, tendo por base o projeto desenvolvido inicialmente. A falta de um valor do orçamento concreto também prejudicou a seleção dos materiais, para além de que um dos maiores problemas se centrou na construção do protótipo, pois durante um período de tempo alargado houve carência de materiais, levando a que o projeto estivesse parado.

É de referir que o protótipo se encontra atualmente em fase de construção e testes em laboratório, não havendo por isso um *feedback* concreto relativamente ao desempenho final. Para se obter uma opinião mais fundamentada acerca deste equipamento será necessário o seu teste de funcionalidade na empresa, sabendo-se que alguns dos seus componentes podem ter ainda de ser ajustados. Atualmente o preço dos materiais usados no protótipo ronda os 3200 euros (ver Anexos em secção 8.1), faltando ainda a inclusão de alguns materiais e equipamentos, tais como revestimentos de chapa, cinco atuadores elétricos, três células de carga e as respetivas placas de configuração, três placas *Motor Driver Shield*, componentes elétricos (fios, LED, botões) e uma unidade de computação para interface com o utilizador.

Este trabalho de projeto permitiu uma importante evolução em termos académicos e profissionais, pois em parte do que se fez ao longo do ano é um pouco daquilo que um engenheiro projetista faz “lá fora no mundo do trabalho”. O seu desenvolvimento permitiu a aquisição e aperfeiçoamento de um conjunto de competências, como por exemplo ao nível da modelação 3D assim como da manufatura de componentes estruturais. Além disso permitiu perceber a interface e o caminho que vai de um projeto virtual até à sua conceção real, tendo com isto adquirido competências também ao nível da capacidade de gestão na conceção de um trabalho de projeto (processos de construção, encomendas de material, gerir orçamento). Referir por último que este tipo de trabalhos de projetos devem ser mais disponibilizados pela instituição, dando desta forma boas ferramentas de trabalho aos seus alunos, assim como o reconhecimento do seu trabalho.

## 7. Referências Bibliográficas

Amorim. (2015). *Amorim*. Obtido de Amorim: <http://www.amorim.com>

APCOR. (2015). *Associação Portuguesa da Cortiça*. Obtido de [www.apcor.pt](http://www.apcor.pt): <http://www.apcor.pt/cortica/o-que-e/>

Cola, L. (2014). *Gazeta Online*. Obtido de Agazeta: <http://blogs.gazetaonline.com.br/vinhosemaisvinhos/2014/02/curiosidades-do-vinho-voce-sabe-por-que.html>

DIRECTIVA 2006/42/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO relativa às máquinas. (2006). *Jornal Oficial da União Europeia*.

Gil, L. (1993). A Química da Cortiça. *Química*, pp. 20-24.

Quinteiro, R., & Portugal, B. (2016). *Cork Qual*. Coimbra.

TAD VIBRATORY TECHNOLOGY. (2016). *Alimentadores vibratorios e vibradores circulares*. Obtido de TAD: <http://tad.es/alimentadores-vibratorios-circulares/>



## 8. Anexos





## 8.1. Orçamentos do material encomendado a empresas:

### 8.1.1. Peças encomendadas na Maquinaço



Parque Industrial de Taveiro, Lote 17  
Apartado 46  
Telef. 239 982 356 - Fax: 239 984 626  
Email: maquinaço@sapo.pt  
3045-504 TAVEIRO - COIMBRA

ISEC  
Rua Pedro Nunes Quinta da Nora  
3030-199 COIMBRA

Ao Cuidado do Sr. André Oliveira

N/Ref.: Orçamento 1504/17

Data: 15/04/2017

Exmos. Senhores:

Em relação ao pedido de cotação, que desde já agradecemos, passamos a formalizar as nossas melhores condições para execução deste trabalho.

Quantidades	Medidas	Preço por unidade
1	Conjunto de peças em Alumínio Composto por 1 Tampo 4 Cassete de Aperto 1 Barra Regular 1 calha 1 Calha Fixa 4Veio 1 Calha de Aperto 2 Chapa de Aperto 2 Cunha 2 Orelha Guia	655,50 €

Condições de fornecimento: CIF v/ instalações.

Prazo de entrega: + - 3 Semanas.

Condições de pagamento: Cheque a 30 dias.

A estes valores será acrescentado o valor do IVA em vigor.

Certos da v/ melhor atenção para o assunto, ficamos a aguardar as vossas prezadas ordens.

Gratos pela vossa atenção, subscrevo-me com elevada consideração.

De V.Ex.<sup>as</sup>  
Atenciosamente,

## 8.1.2. Material encomendado na Fluidotronica



FLUIDOTRONICA – Equipamentos Industriais, Lda  
Rua da Atalaia do Calvário, 87-A | Zona Industrial  
3720-502 Oliveira de Azeméis

Tel.: +351 256 681 955 | Fax.: +351 256 681 957  
Email: fluidotronica@fluidotronica.com

Soc. por Quotas Registada na C.R.C. Oliveira de Azeméis  
NIF: 506810470 Cap. Soc.: 90.000,00€

NIB: 0035 0262 00000006330 98  
IBAN: PT50 0035 0262 00000006330 98  
SWIFT/BIC: CGDIPTPL

Exmo.(a) Sr.(a)  
Luís Roseiro  
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC)  
Rua Pedro Nunes – Quinta da Nora  
3030-199 Coimbra  
Portugal

Proposta N° COM-5071-010REV2

De	Para	Moeda	Data	Validade
Daniel Ramos Sousa	Luís Roseiro	EUR	2016-12-12	2017-01-03

Original

NIF	Cliente nr.	Telefone	Prazo recebimento	V/ref.	Pág.
600027350	1397	239790200	PAG. A 30 DIAS	Luís Roseiro	1/2

Artigo	Descrição	Qtd.	Un	Preço Unit.	Desc. %	IVA %	Total Líquido
20.1046/0	Perfil de alumínio 45x45 R [2 x 6,000]	12,000	MT	17,42	0,00	23,00	209,04
21.1349/0	Ângulo 45 GD-Z (inclui kit de fixação: parafusos, anilhas e porcas)	15,000	UN	2,28	0,00	23,00	34,20
28.0192/0	Carruagem LWN 32x45-45	4,000	UN	42,83	0,00	23,00	171,32
28.0192/2	Carruagem LWN 32x45-45 com manipulo de bloqueio lateral	2,000	UN	86,54	0,00	23,00	173,08
21.1351/2	Porca M8x13 c/ mola de fixação aço zincado	4,000	UN	0,45	0,00	23,00	1,80
21.1378/0	Dobradiça L 45/45	1,000	UN	6,38	0,00	23,00	6,38
21.1092/1	Puxador 120 (cinza)	1,000	UN	4,93	0,00	23,00	4,93
21.1871/0	Pé PA M08 Ø45 l=70 mm	4,000	UN	4,56	0,00	23,00	18,24
21.1246/1	Parafuso cabeça de panela M6x20	20,000	UN	0,57	0,00	23,00	11,40
21.1330/2	Porca M8x13 c/ mola de fixação aço zincado	20,000	UN	0,45	0,00	23,00	9,00
STE-00	Embalagem e Transporte	1,000	UN	28,95	0,00	23,00	28,95

Processado por Computador

Carga:  
Rua da Atalaia do Calvário, 87 A, ZI Oliveira de  
Azeméis  
3720-502 Oliveira de Azeméis, Portugal  
Descarga:  
Rua Pedro Nunes – Quinta da Nora  
3030-199 Coimbra, Portugal

Mercadoria/Serviços	668,34
Desconto	0,00
IVA	153,72
<b>Total</b>	<b>822,06</b>

**Proposta Nº COM-5867-012**

De	Para	Moeda	Data	Validade
Valter Jesus Leandro	André Oliveira	EUR	2017-03-21	2017-04-20

Original

NIF	Cliente nr.	Telefone	Prazo recebimento	V/ref.	Pág.
600027350	1397	239790200	30 DIAS	André Oliveira	1/2

Artigo	Descrição	Qtd.	Un	Preço Unit.	Desc. %	IVA %	Total Líquido
21.0818/0	Ligação PowerLock® SF	20,000	UN	2,96	0,00	23,00	59,20
21.0006/0	Ligação cruzada MiniTec	10,000	UN	3,94	0,00	23,00	39,40
21.1401/0	Ligação angular N	10,000	UN	6,38	0,00	23,00	63,80
21.0918/0	Ligação PowerLock® N	10,000	UN	5,81	0,00	23,00	58,10
21.1133/0	Ângulo 45 GD (inclui kit de fixação: parafusos, anilhas e porcas)	16,000	UN	2,70	0,00	23,00	43,20
21.1200/0	Parafuso M8x16 CIL SEX INT aço zincado	16,000	UN	0,13	0,00	23,00	2,08
21.1202/0	Parafuso M8x20 CIL SEX INT aço zincado	16,000	UN	0,13	0,00	23,00	2,08
21.1204/0	Parafuso M8x25 CIL SEX INT aço zincado	16,000	UN	0,22	0,00	23,00	3,52
ANILHACOZN-M8	Anilha Aço Zincado - M8	32,000	UN	0,01	0,00	23,00	0,32
21.1351/0	Porca M8x13 aço zincado	30,000	UN	0,27	0,00	23,00	8,10
21.1351/2	Porca M8x13 c/ mola de fixação aço zincado	20,000	UN	0,45	0,00	23,00	9,00
21.1143/0	Parafuso M6x12 CIL SEX INT aço zincado	16,000	UN	0,12	0,00	23,00	1,92
21.1238/0	Parafuso M6x16 CIL SEX INT aço zincado	16,000	UN	0,10	0,00	23,00	1,60
21.1240/0	Parafuso M6x20 CIL SEX INT aço zincado	16,000	UN	0,10	0,00	23,00	1,60
21.1222/0	Parafuso M5x20 CIL SEX INT aço zincado	10,000	UN	0,17	0,00	23,00	1,70
21.1330/0	Porca M6x13 aço zincado	16,000	UN	0,27	0,00	23,00	4,32
21.1320/0	Porca M5x13 aço zincado	16,000	UN	0,27	0,00	23,00	4,32
21.1310/0	Porca M4x13 aço zincado	16,000	UN	0,27	0,00	23,00	4,32
22.1004/1	Tampa p/ perfil 45x45 Z (cinza)	20,000	UN	0,64	0,00	23,00	12,80
20.1068/0	Perfil de alumínio 30x30 [2 x 6,000]	12,000	MT	6,27	0,00	23,00	75,24
28.0192/2_FT	Carruagem LWN 32x45-45 com manipulo de bloqueio lateral	2,000	UN	86,54	0,00	23,00	173,08
STE-00	Embalagem e Transporte	1,000	UN	21,00	0,00	23,00	21,00

Processado por Computador

Carga:  
Rua da Atalaia do Calvário, 87 A, ZI Oliveira de Azeméis  
3720-502 Oliveira de Azeméis, Portugal  
Descarga:  
Rua Pedro Nunes – Quinta da Nora  
3030&#150;199 Coimbra, Portugal

Mercadoria/Serviços	590,70
Desconto	0,00
IVA	135,86
<b>Total</b>	<b>726,56</b>

### 8.1.3. Material encomendado na IGUS

Pos	Nº artigo e descrição	Qtd.	Un.	Preço / Un.	Preço total
1.000	NS-01-17 Guia linear drylin® N	2	0,100 m	EUR 19,17 / 1	EUR 3,83
	Custos de corte Custos de corte pela lista de preços 2 un.	2	1 un.		
	<u>Subtotal</u>	<u>2</u>		<u>EUR 3,86</u>	<u>EUR 7,73</u>
2.000	NW-02-17 Patim drylin® N	2	1 un.	EUR 2,74 / 1	EUR 5,48
3.000	NS-01-40 Guia linear drylin® N	2	0,110 m	EUR 30,50 / 1	EUR 6,71
	Custos de corte Custos de corte pela lista de preços 2 un.	2	1 un.		
	<u>Subtotal</u>	<u>2</u>		<u>EUR 5,30</u>	<u>EUR 10,61</u>
4.000	NS-01-40 Guia linear drylin® N	1	0,240 m	EUR 30,50 / 1	EUR 7,32
	Custos de corte Custos de corte pela lista de preços 1 un.	1	1 un.		
	<u>Subtotal</u>	<u>1</u>		<u>EUR 9,27</u>	<u>EUR 9,27</u>
5.000	NW-01-40 Patim drylin® N	2	1 un.	EUR 6,26 / 1	EUR 12,52
<hr/> <hr/> Valor total da proposta					EUR 45,61

Preços sem IVA incluído.

#### 8.1.4. Material encomendado na Mixtrónica



Urb. do Loreto - Lote 6 - Lojas 4-6  
 3005-037 Coimbra  
 Telef: 239 496 785 / 6 | geral@mixtronica.com  
 239 046 200 | www.mixtronica.com  
 Fax: 239 496 784 | www.facebook.com/mixtronica  
 Contribuinte: 505 194 350  
 Reg na Conserv: Reg. Com de Coimbra sob o nº 6.305/001030  
 Capital Social 5.000,00 €

VI Contribuinte: 800027380

Cliente nº: 1051

Proposta 484/2017

DATA DO DOCUMENTO 20.03.2017

VIA DO DOCUMENTO ORIGINAL

Nº DE PÁGINAS Página 1 de 1

Exmo(s). Senhor(es):  
 IPC / Instituto Superior de Engenharia de Coimbra  
 Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora

3030-199 COIMBRA

Referência	Designação	Quantidade	P. Venda	I.V.A.	%Desc.	Total
SHIELD-MD10	SHIELD-MD10 - 10A DC Motor Driver Arduino Shield	1,000	29,520	23%		29,52
1111	Spur Gear: B550-S-16A	2,000	8,550	23%		17,10
1111	Bevel Rack Gears RK5082-0306	1,000	15,500	23%		15,50
1111	Hex Socket Set Screws M5x3-6	2,000	2,120	23%		4,34
1111	Thumb Screws/Hex Head CRK54-20	4,000	2,040	23%		8,16
1111	ECO-S5 Flat Head Knurled Screw SPNPL-BRN-M4-20	4,000	1,380	23%		5,52
1111	Servomotor Parallax Inc, 5 7 8,4 V, 180 rpm	1,000	18,950	23%		18,95
NS-POR	Portes e Embalagem	1,000	25,000	23%		25,00

Entrega: 2-3 semanas  
 Validade da Proposta: 30 Dias  
 Condições de Pagamento: 30 DIAS

Atenciosamente,  
 Sérgio Galvão

Garantia, troca ou devolução de mercadoria, só com cópia do documento e nossa aprovação.  
 Software PHC - Processado por programa certificado nº 0009/AT (20170204)-Este documento não serve de fatura

Taxa	B. Incidência	I.V.A.	TOTAL LIQUIDO	123,99
0%			DESCONTO COMERCIAL	
23%	123,99	28,52	BASE DE INCIDÊNCIA	123,99
			TOTAL DE I.V.A.	28,52
			<b>TOTAL DO DOCUMENTO</b>	<b>152,51</b>



Urb. do Loreto - Lote 6 - Lojas 4-5  
3025-037 Coimbra

Telef.: 239 496 765 / 6    geral@mixtronica.com  
239 046 200    www.mixtronica.com  
Fax: 239 496 764    www.facebook.com/mixtronica

Contribuinte: 505 194 350  
Reg na Conserv. Reg. Com de Coimbra sob o nº 8.335/001030  
Capital Social 5.000,00 €

V/ Contribuinte 600027350

Cliente nº 1051

**Proposta 1796/2016**

DATA DO DOCUMENTO 13.12.2016

VIA DO DOCUMENTO ORIGINAL

Nº DE PÁGINAS Página 1 de 1

Exmo(s). Senhor(es):

IPC / Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora

3030-199 COIMBRA

Referência	Designação	Quantidade	P. Venda	IVA	%Desc.	Total
1111	SPO 30 (Single point lastcell 30 kg. Aluminium. OIML C3. AT) Entrega : +- 3 Semanas	2,000	85,000	23%		170,00
1111	DLA-24-30-A-50-IP65 Entrega : +- 3 Semanas	1,000	245,000	23%		245,00
1111	HS-485 HB (continuous rotation) Entrega : 2 - 3 Dias	2,000	22,950	23%		45,90
1111	HS-805 BB (increased rotation) Entrega : 2 - 3 Dias	1,000	52,970	23%		52,97
1111	719 RE-540 LN - Motor Entrega : 3 - 4 Semanas	2,000	12,690	23%		25,38
1111	Sensor Óptico Reflectante Vishay TCRT1000 Entrega : 2 - 3 Dias	10,000	1,200	23%		12,00
A000062	A000062 - Arduino Due	1,000	35,100	23%		35,10
POL-2511	Pololu DRV8835 Dual Motor Driver Shield for Arduino	1,000	7,235	23%		7,24

Entrega: Descrita Acima

Validade da Proposta: 30 Dias

Condições de Pagamento: 30 DIAS

Atenciosamente,

**Sérgio Galvão**

Garantia, troca ou devolução da mercadoria, só com cópia do documento e nossa aprovação.  
Software PHC - Processado por programa certificado nº 0006/AT-Este documento não serve de fatura

Taxa	B. Incidência	I.V.A.		
0%			TOTAL ILIQUIDO	593,59
23%	593,59	136,53	DESCONTO COMERCIAL	
			BASE DE INCIDÊNCIA	593,59
			TOTAL DE I.V.A.	136,53
			<b>TOTAL DO DOCUMENTO</b>	<b>730,12</b>

#### 8.1.5. Preçário do material total adquirido

<b>Empresa:</b>	<b>Número de encomendas</b>	<b>Preço total C/ IVA</b>
Maquinaço	1	806,27 €
Fluidotronica	2	1548,62 €
IGUS	1	56,10 €
Mixtrónica	2	798,21 €
		<b>3209,2 €</b>

## 8.2. Características dos dispositivos eletrônicos

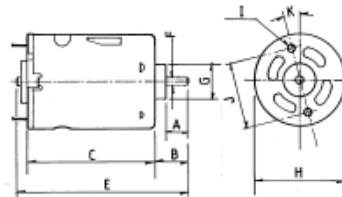
### 8.2.1. Motores DC RE 540LN



#### RE - 540LN (3 POLE). NOISE ATTENUATED



Pt. No. 457 RE 540LN (with Bracket)  
Pt. No. 719 RE 540LN (without Bracket)  
Pt. No. 726 Motor Bracket (90o only)



Weight 212g (approx)

DIMENSIONS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
MILLIMETER	5.5	9.75	57.1		69.2	3.0	14.0	37	M3	25.0	

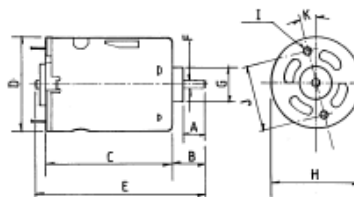
MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY						STALL TORQUE	
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE		OUTPUT	EFF		
			R.P.M.	A	R.P.M.	A	oz - in	g - cm	W	%	oz - in	g - cm
RE - 540LN	6.0 - 12.0	12v CONSTANT	6000	0.25	4930	1.6		250	12.8	67		1500

Stall Current RE540 at 6v = 28.87A

#### RE - 540/1 (3 POLE)



Pt. No. 457 RE 540/1 (with Bracket)  
Pt. No. 719 RE 540/1 (without Bracket)  
Pt. No. 726 Motor Bracket (90o only)



24 volt versions are available for this range of motors. Performance data is similar to 12 volt versions. This version also has an extended 10mm rear shaft to accommodate motor encoders.

Pt. No's  
457RE540124V  
719RE540124V

Weight 146g (approx)

DIMENSIONS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
MILLIMETER	9.0	13.5	50.0	35.8	68.0	3.175	13.0	35.7	M3	25.0	
DECIMAL INCHES	0.354	0.531	1.969	1.409	2.67	0.125	0.512	1.406		0.984	

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY						STALL TORQUE	
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE		OUTPUT	EFF		
			R.P.M.	A	R.P.M.	A	oz - in	g - cm	W	%	oz - in	g - cm
RE - 540/1	4.5 - 15.0v	6.0v CONSTANT	7500	0.45	6180	2.1	1.64	118.2	7.49	59.4	9.31	670
		12.0v CONSTANT	15800	0.52	13360	2.85	2.14	154.4	21.2	61.9	13.9	1000

Stall Current RE540/1 at 6v = 8.24A



### 8.2.2. Placa Pololu DRV8835



DRV8835

SLVSB18H – MARCH 2012 – REVISED AUGUST 2016

## DRV8835 Dual Low-Voltage H-Bridge IC

### 1 Features

- Dual-H-Bridge Motor Driver
  - Capable of Driving Two DC Motors or One Stepper Motor
  - Low-MOSFET ON-Resistance: HS + LS 305 mΩ
- 1.5-A Maximum Drive Current Per H-Bridge
- Configure Bridges Parallel for 3-A Drive Current
- Separate Motor and Logic-Supply Pins:
  - 0-V to 11-V Motor-Operating Supply-Voltage
  - 2-V to 7-V Logic Supply-Voltage
- Separate Logic and Motor Power Supply Pins
- Flexible PWM or PHASE/ENABLE Interface
- Low-Power Sleep Mode With 95-nA Maximum Supply Current
- Tiny 2.00-mm × 3.00-mm WSON Package

### 2 Applications

- Battery-Powered:
  - Cameras
  - DSLR Lenses
  - Consumer Products
  - Toys
  - Robotics
  - Medical Devices

### 3 Description

The DRV8835 provides an integrated motor driver solution for cameras, consumer products, toys, and other low-voltage or battery-powered motion control applications. The device has two H-bridge drivers, and drives two DC motors or one stepper motor, as well as other devices like solenoids. The output driver block for each consists of N-channel power MOSFETs configured as an H-bridge to drive the motor winding. An internal charge pump generates gate drive voltages.

The DRV8835 supplies up to 1.5-A of output current per H-bridge and operates on a motor power supply voltage from 0 V to 11 V, and a device power supply voltage of 2 V to 7 V.

PHASE/ENABLE and IN/IN interfaces are compatible with industry-standard devices.

Internal shutdown functions are provided for overcurrent protection, short circuit protection, undervoltage lockout, and overtemperature.

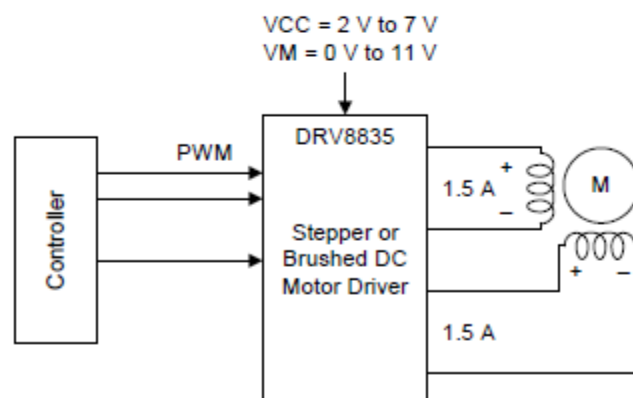
The DRV8835 is packaged in a tiny 12-pin WSON package (Eco-friendly: RoHS and no Sb/Br).

Device Information<sup>(1)</sup>

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
DRV8835	WSON (12)	2.00 mm × 3.00 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

### Simplified Schematic



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

### 8.2.3. Sensores óticos TCRT1000



## TCRT1000/ TCRT1010

Vishay Telefunken

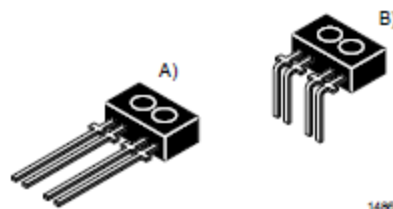
### Reflective Optical Sensor with Transistor Output

#### Description

The TCRT1000/ TCRT1010 have a compact construction where the emitting-light source and the detector are arranged in the same direction to sense the presence of an object by using the reflective IR-beam from the object. The operating wavelength is 950 nm. The detector consists of a phototransistor.

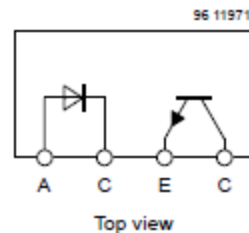
#### Applications

- Optoelectronic scanning and switching devices i.e., index sensing, coded disk scanning etc. (optoelectronic encoder assemblies for transmissive sensing).



#### Features

- Compact construction in spacing of 0.1
- No setting efforts
- High signal outputs
- Low temperature coefficient
- Detector provided with optical filter
- Current Transfer Ratio (CTR) of typical 2.5%

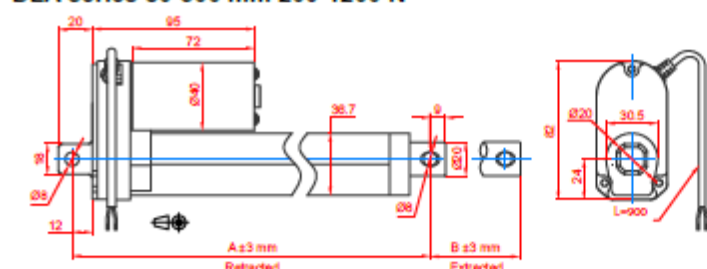


#### Order Instruction

Ordering Code	Sensing Distance	Remarks
TCRT1000 <sup>A)</sup>	1 mm	
TCRT1010 <sup>B)</sup>	1 mm	

## 8.2.4. Atuadores Lineares elétricos DLA-50-24-30

### DLA series 50-300 mm 200-1200 N



#### MODEL NO. DESIGNATIONS

DLA - VOLTAGE - RATIO - A - STROKE - IP65

Example: DLA-12-5-A-50-IP65



#### ACTUATOR DATA

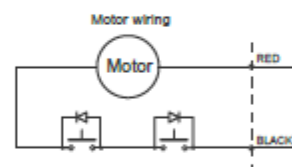
	5	10	20	30	40
Reduction	5	10	20	30	40
Voltage (VDC)	12/24	12/24	12/24	12/24	12/24
Current at max. thrust (A)	3.0/1.5	3.0/1.5	3.0/1.5	3.0/1.5	3.0/1.5
Max. thrust (N)	200	300	500	800	1200
Static force (N)	1500	1500	1500	1500	1500
Speed at max. thrust (mm/s)	35	25	15	10	5

#### ACTUATOR STROKE DATA

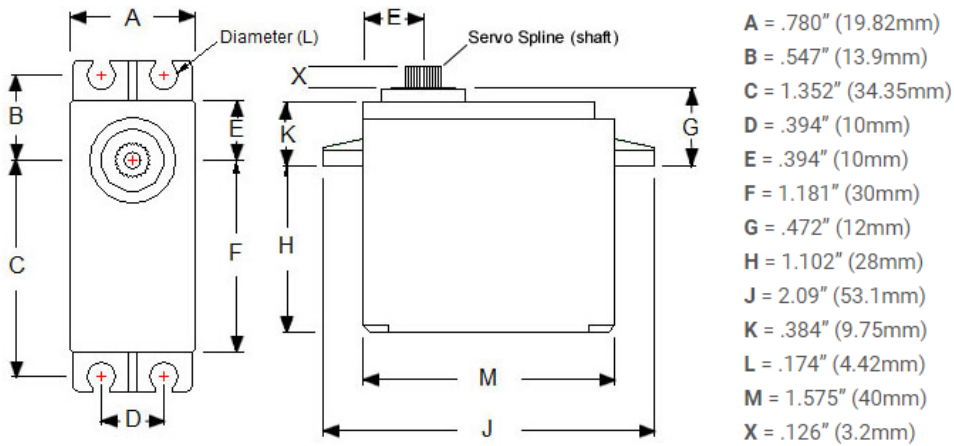
	50	100	150	200	250	300
Stroke version B (mm)	50	100	150	200	250	300
Retracted length A (mm)	158	209	260	311	362	413
Life time number single strokes	80,000	40,000	26,666	20,000	16,000	13,333
Weight (g)	850	925	990	1060	1130	1200

#### ACTUATOR FEATURES AND STANDARD DATA

	STANDARD	CUSTOMIZATION OPTIONS
Type	Electric linear actuator	
Motor type	Brush PM dc motor	
Cable	Flying wire 900 mm	Yes
Voltage	12 or 24 volt dc	36 or 48 volt dc
Screw type	ACME pitch 3 mm	
Noise level	< 60 db (A)	Yes
Life time	4 million mm total stroke	
Limit switches	Integrated non adjustable	Stroke length
Direction movement	By reversing voltage polarity	Yes
Stroke tolerance	±3 mm	±2 mm
Duty cycle	25%	
Max. duty operational time	1 min. max. thrust	
Protection class	IP65	
Insulation class	F	
Max. motor winding temp.	155 °C	
EMC	EN55014 IEC61000	
Gear box	Metal spur gears	
Motor pinion gear	Plastic	Metal
Gear box material	Zinc alloy	
Rod and house material	Aluminum 6061-T6	Stroke length
Feedback options	Potentiometer or hall sensor	
Operating and storage temperature	-25°C~+65°C	
Manufacturing quality standards	ISO 9001:2008	
RoHS compliance	Yes	
CE label	Yes	
UL approval	No	Yes

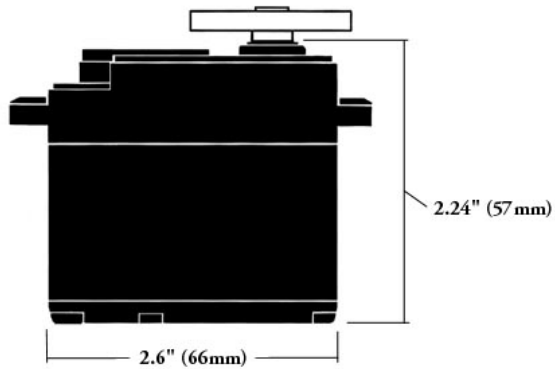


### 8.2.5. Servomotores HS 485 HB



Dimensions	1.57" x 0.78" x 1.49" (39.88 x 19.81 x 37.85mm)
Product Weight	1.59oz (45g)
Output Shaft Style	24 tooth (C1) spline
Voltage Range	4.8V - 6.0V
No-Load Speed (4.8V)	0.22sec/60°
No-Load Speed (6.0V)	0.18sec/60°
Stall Torque (4.8V)	66.6 oz/in. (4.8kg.cm)
Stall Torque (6.0V)	83.3 oz/in. (6.0kg.cm)
Max PWM Signal Range (Standard)	553-2425µsec
Travel per µs (out of box)	.102°/µsec
Max Travel (out of box)	190.5°
Pulse Amplitude	3-5V
Operating Temperature	-20°C to +60°C
Current Drain - idle (4.8V)	8mA
Current Drain - idle (6.0V)	8.8mA
Current Drain - no-load (4.8V)	150mA
Current Drain - no-load (6V)	180mA
Continuous Rotation Modifiable	Yes
Direction w/ Increasing PWM Signal	Clockwise
Deadband Width	8µs
Motor Type	3 Pole Ferrite
Potentiometer Drive	Indirect Drive
Feedback Style	5KΩ Potentiometer
Output Shaft Support	Top Ball Bearing, Bottom Bushing

### 8.2.6. Servomotores HS 805 BB



Dimensions	2.59" x 1.18" x 2.26" (66 x 30 x 57.6mm)
Product Weight	5.36 oz. (152g)
Output Shaft Style	15 tooth (D1) spline
Voltage Range	4.8V - 6.0V
No-Load Speed (4.8V)	0.19sec/60°
No-Load Speed (6.0V)	0.14sec/60°
Stall Torque (4.8V)	274.96 oz./in. (19.8kg.cm)
Stall Torque (6.0V)	343.01 oz./in. (24.7kg.cm)
Max PWM Signal Range (Standard)	556-2420µsec
Travel per µs (out of box)	.105°/µsec
Max Travel (out of box)	199.5°
Pulse Amplitude	3-5V
Operating Temperature	-20°C to +60°C
Current Drain - idle (4.8V)	8mA
Current Drain - idle (6.0V)	8.7mA
Current Drain - no-load (4.8V)	700mA
Current Drain - no-load (6V)	830mA
Continuous Rotation Modifiable	Yes
Direction w/ Increasing PWM Signal	Clockwise
Deadband Width	8µs
Motor Type	3 Pole Ferrite
Potentiometer Drive	Indirect Drive
Feedback Style	5KΩ Potentiometer
Output Shaft Support	Dual Ball Bearings

### 8.2.7. Células de carga SPO30

#### product information

---

#### **Single point lastcell 30 kg. Aluminium. OIML C3, ATEX.**

Load cells for off center loads, suitable for example to build CE-M approved scales with a single load cell with maximum dimensions of 300x300 mm.

Capacities (kg): 3, 5, 10, 15, 20, 30, 40.

OIML R60. C3 precision class. Aluminium alloy. IP67 protection.

- C3 Precision class
- Off center load compensated
- Aluminium alloy construction
- IP67 protection
- MAX. Capacities from 3 to 40 kg
- For platforms with demensions up to 300x300 mm
- Shielded connection cable
- OIML and test certificates available upon request

#### **Technical features:**

- Minimum load cell verification interval:  $V_{min} = E_{Max}/15.000$
- Maximum number of verification intervals:  $n_{LC} = 3000$
- Full Scale Output: 2mV/V +/- 10%
- Temperature effect on zero: 0,01% FS/10K
- Temperature effect on full scale output: 0,001%FS /10K
- Compensated Temperature Range: -10°C/+40°C
- Operating Temperature Range: -10°C/+50°C
- Creep error after 30 minutes: 0,01% F.S
- Maximum tolerated excitation voltage: 15 VDC
- Input Resistance: 300..500 Ohm
- Output Resistance: 300..500 Ohm
- Insulation Resistance: >2000 MOhm
- Safe Overload: 150% F.S.
- Ultimate Overload: 300% F.S.
- 4-wire shielded cable, 40cm long, 3,2mm diameter

### 8.2.8. Arduíno DUE

Microcontroller	AT91SAM3X8E
Operating Voltage	3.3V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-16V
Digital I/O Pins	54 (of which 12 provide PWM output)
Analog Input Pins	12
Analog Output Pins	2 (DAC)
Total DC Output Current on all I/O lines	130 mA
DC Current for 3.3V Pin	800 mA
DC Current for 5V Pin	800 mA
Flash Memory	512 KB all available for the user applications
SRAM	96 KB (two banks: 64KB and 32KB)
Clock Speed	84 MHz
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	36 g

### 8.2.9. Placa Cytron MD10

#### **Absolute Maximum Rating**

Parameter	Min	Typical	Max	Unit
Power Input Voltage (Motor supply voltage)	7	-	25	V
I <sub>MAX</sub> (Maximum Continuous Motor Current)	-	-	10	A
I <sub>PEAK</sub> (Peak Motor Current)*	-	-	15	A
V <sub>IOH</sub> (Logic Input-High Level)	3	-	5.5	V
V <sub>IOL</sub> (Logic Input - Low Level)	0	0	0.5	V
Maximum PWM Frequency	-	-	10	KHz

***\*Must not exceed 10 seconds***